

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of  
The original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING  
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and  
Administrative Instructions, Section 422)

Date of mailing (day/month/year) 27 October 1999 (27.10.99)
Applicant's or agent's file reference T298036PC/nu
International application No. PCT/FI99/00366

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

PATENTTOIMISTO TEKNOPOLIS  
KOLSTER OY  
c/o Kolster Oy AB  
Iso Roobertinkatu 23  
P.O. Box 148  
FIN-00121 Helsinki  
FINLAND

## IMPORTANT NOTIFICATION

International filing date (day/month/year) 03 May 1999 (03.05.99)
--

## 1. The following indications appeared on record concerning:

the applicant     the inventor     the agent     the common representative

Name and Address NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY Keilalahdentie 4 FIN-02150 Espoo Finland	State of Nationality FI	State of Residence FI
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	

## 2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

the person     the name     the address     the nationality     the residence

Name and Address NOKIA NETWORKS OY Keilalahdentie 4 FIN-02150 Espoo Finland	State of Nationality FI	State of Residence FI
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	

## 3. Further observations, if necessary:

## 4. A copy of this notification has been sent to:

<input checked="" type="checkbox"/> the receiving Office	<input checked="" type="checkbox"/> the designated Offices concerned
<input checked="" type="checkbox"/> the International Searching Authority	<input type="checkbox"/> the elected Offices concerned
<input type="checkbox"/> the International Preliminary Examining Authority	<input type="checkbox"/> other:

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland  Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer  Aino Metcalfe  Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	---

# PATENT COOPERATION TREATY

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

## NOTIFICATION OF ELECTION (PCT Rule 61.2)

To:

Assistant Commissioner for Patents  
United States Patent and Trademark  
Office  
Box PCT  
Washington, D.C.20231  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 07 February 2000 (07.02.00)
---

International application No. PCT/FI99/00366	Applicant's or agent's file reference T298036PC/nu
---	---

International filing date (day/month/year) 03 May 1999 (03.05.99)	Priority date (day/month/year) 04 May 1998 (04.05.98)
--	--

Applicant KÄRNÄ, Juha et al
--------------------------------

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

01 December 1999 (01.12.99)

in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

\_\_\_\_\_

2. The election  was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland  Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Nestor Santesso  Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	---

## RECORD COPIES

09/674558

1/4

## PCT REQUEST

T298036PC/nu

Original (for SUBMISSION) - printed on 03.05.1999 01:37:50 PM

0-1	For receiving Office use only International Application No.	PCT/FI 99 / 0 03 66
0-2	International Filing Date	03 MAY 1999 (03.05.99)
0-3	Name of receiving Office and "PCT International Application"	The Finnish Patent Office PCT International Application
0-4 0-4-1	Form - PCT/RO/101 PCT Request Prepared using	PCT-EASY Version 2.83 (updated 01.03.1999)
0-5	Petition The undersigned requests that the present international application be processed according to the Patent Cooperation Treaty	
0-6	Receiving Office (specified by the applicant)	National Board of Patents and Registration (Finland) (RO/FI)
0-7	Applicant's or agent's file reference	T298036PC/nu
I	Title of invention	METHOD OF MEASURING SIGNAL TIMING, AND RADIO SYSTEM
II	Applicant This person is:	applicant only
II-1	Applicant for	all designated States except US
II-2	Name	NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY
II-4	Address:	Keilalahdentie 4
II-5		FIN-02150 Espoo
II-6	State of nationality	Finland
II-7	State of residence	FI
III-1	Applicant and/or inventor This person is:	applicant and inventor
III-1-1	Applicant for	US only
III-1-2	Name (LAST, First)	KÄRNÄ, Juha
III-1-4	Address:	Tontunmäentie 31 A 1
III-1-5		FIN-02200 Espoo
III-1-6	State of nationality	Finland
III-1-7	State of residence	FI

**PCT REQUEST**

Original (for SUBMISSION) - printed on 03.05.1999 01:37:50 PM

T298036PC/nu

III-2 III-2-1 III-2-2 III-2-4 III-2-5  III-2-6 III-2-7	<b>Applicant and/or inventor</b> This person is: Applicant for Name (LAST, First) Address:  State of nationality State of residence	<b>applicant and inventor</b> <b>US only</b> <b>HOTTINEN, Ari</b> <b>Ristiniementie 4</b> <b>[ ]</b> <b>30</b> <b>FIN-02320 Espoo</b> <b>Finland</b> <b>FI</b> <b>FI</b>
<b>▲ DELETED BY RO/FI</b>		
III-3 III-3-1 III-3-2 III-3-4 III-3-5  III-3-6 III-3-7	<b>Applicant and/or inventor</b> This person is: Applicant for Name (LAST, First) Address:  State of nationality State of residence	<b>applicant and inventor</b> <b>US only</b> <b>HELENIUS, Jyri</b> <b>Timpurinkuja 1 A 15</b> <b>FIN-02600 Espoo</b> <b>Finland</b> <b>FI</b> <b>FI</b>
<b>▲ RO/FI</b>		
IV-1  IV-1-1 IV-1-2  IV-1-3 IV-1-4 IV-1-5	<b>Agent or common representative; or address for correspondence</b> The person identified below is hereby/has been appointed to act on behalf of the applicant(s) before the competent International Authorities as:  Name Address:  Telephone No. Facsimile No. e-mail	<b>agent</b>  <b>PATENTTITOIMISTO TEKNOPOLIS KOLSTER OY</b> <b>C/O KOLSTER OY AB</b> <b>Iso Roobertinkatu 23</b> <b>P.O. Box 148</b> <b>FIN-00121 Helsinki</b> <b>Finland</b> <b>358 9 618 821</b> <b>358 9 602 244</b> <b>kolster@kolster.fi</b>

## PCT REQUEST

Original (for SUBMISSION) - printed on 03.05.1999 01:37:50 PM

V-1	Designation of States Regional Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	<b>AP:</b> GH GM KE LS MW SD SZ UG ZW and any other State which is a Contracting State of the Harare Protocol and of the PCT <b>EA:</b> AM AZ BY KG KZ MD RU TJ TM and any other State which is a Contracting State of the Eurasian Patent Convention and of the PCT <b>EP:</b> AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE and any other State which is a Contracting State of the European Patent Convention and of the PCT <b>OA:</b> BF BJ CF CG CI CM GA GN GW ML MR NE SN TD TG and any other State which is a member State of OAPI and a Contracting State of the PCT
V-2	National Patent (other kinds of protection or treatment, if any, are specified between parentheses after the designation(s) concerned)	<b>AE AL AM AT</b> (patent and utility model) <b>AU AZ BA BB BG BR BY CA CH&amp;LI CN CU CZ</b> (patent and utility model) <b>DE</b> (patent and utility model) <b>DK</b> (patent and utility model) <b>EE</b> (patent and utility model) <b>ES FI</b> (patent and utility model) <b>GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS JP KE</b> <b>KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MD MG</b> <b>MK MN MW MX NO NZ PL PT RO RU SD SE SG</b> <b>SI SK</b> (patent and utility model) <b>SL TJ</b> <b>TM TR TT UA UG US UZ VN YU ZA ZW</b>
V-5	Precautionary Designation Statement In addition to the designations made under items V-1, V-2 and V-3, the applicant also makes under Rule 4.9(b) all designations which would be permitted under the PCT except any designation(s) of the State(s) indicated under item V-6 below. The applicant declares that those additional designations are subject to confirmation and that any designation which is not confirmed before the expiration of 15 months from the priority date is to be regarded as withdrawn by the applicant at the expiration of that time limit.	
V-6	Exclusion(s) from precautionary designations	<b>NONE</b>
VI-1	Priority claim of earlier national application	
VI-1-1	Filing date	04 May 1998 (04.05.1998)
VI-1-2	Number	980982
VI-1-3	Country	FI

D  
IP

4/4

**PCT REQUEST**

T298036PC/nu

Original (for SUBMISSION) - printed on 03.05.1999 01:37:50 PM

VI-2	Priority document request The receiving Office is requested to prepare and transmit to the International Bureau a certified copy of the earlier application(s) identified above as item(s):	VI-1	
VII-1	International Searching Authority Chosen	<b>Swedish Patent Office (ISA/SE)</b>	
VIII	Check list	number of sheets	
VIII-1	Request	4	
VIII-2	Description	8	
VIII-3	Claims	4	
VIII-4	Abstract	1	
VIII-5	Drawings	2	
VIII-7	TOTAL	19	
VIII-8	Accompanying items	paper document(s) attached	electronic file(s) attached
VIII-10	Fee calculation sheet	✓	-
VIII-10	Copy of general power of attorney	✓	-
VIII-16	PCT-EASY diskette	-	<b>diskette</b>
VIII-17	Other (specified):	<b>Copy of Official Action</b>	-
VIII-18	Figure of the drawings which should accompany the abstract	1	
VIII-19	Language of filing of the international application	<b>Finnish</b>	
IX-1	Signature of applicant or agent	<i>Leo Lehtonen</i> <b>Leo Lehtonen</b>	
IX-1-1	Name	<b>PATENTTITOIMISTO TEKNOPOLIS KOLSTER OY</b>	

**FOR RECEIVING OFFICE USE ONLY**

10-1	Date of actual receipt of the purported international application	<b>03 MAY 1999</b>	( 03 -05- 1999 )
10-2	Drawings:		
10-2-1	Received		
10-2-2	Not received		
10-3	Corrected date of actual receipt due to later but timely received papers or drawings completing the purported international application		
10-4	Date of timely receipt of the required corrections under PCT Article 11(2)		
10-5	International Searching Authority	<b>ISA/SE</b>	
10-6	Transmittal of search copy delayed until search fee is paid		

**FOR INTERNATIONAL BUREAU USE ONLY**

11-1	Date of receipt of the record copy by the International Bureau	<b>09 JUNE 1999</b>	09.06.99
------	--	---------------------	----------

## Signaalin ajoituksen mittausmenetelmä ja radiojärjestelmä

### Keksinnön ala

~~Keksintö liittyy radiojärjestelmiin ja tarkemmin CDMA-radiojärjestelmään.~~ Keksinnön kohteena on signaalin ajoituksen mittausmenetelmä, jota käytetään CDMA-radiojärjestelmässä, johon kuuluu ainakin kolme tukiasemaa ja päätelaite, jotka kertovat signaalin hajotuskoodilla, ja jossa menetelmässä tukiaseman lähetys käsittää usean eri hajotuskoodilla lähetetyn koodikanavan, joista ainakin yhdellä lähetetään ennalta tunnettu symbolisekvenssi, ja jossa menetelmässä päätelaite on yhteydessä ainakin yhteen tukiasemaan, jonka ajastuksesta päätelaitteella on tiedot.

Keksinnön kohteena on myös radiojärjestelmä, joka on erityisesti CDMA-radiojärjestelmä, joka käsittää ainakin kolme tukiasemaa ja päätelaitteen, jotka ovat sovitettu kertomaan signaalin hajotuskoodilla, jossa radiojärjestelmässä tukiaseman lähetys käsittää usean eri hajotuskoodilla lähetetyn koodikanavan, joista ainakin yksi käsittää ennalta tunnetun symbolisekvenssin, ja päätelaite on yhteydessä ainakin yhden palvelevan tukiaseman kanssa, jonka ajastuksesta päätelaitteella on tiedot.

### Keksinnön tausta

Vastaanotetun signaalin tarkan kulkuaikeviin määrittäminen on tärkeää esimerkiksi signaalin ilmaisemiseksi ja päätelaitteen sijainnin määrittämiseksi. Päätelaitteen synkronoitumiseksi tukiaseman lähetykseen jokainen tukiasema lähetää synkronointikanavalla (Sync channel) synkronointisignaalia. Synkronointikanavan signaali voidaan demoduloida ja ilmaista aina, kun pilottisignaali on tunnistettavissa. Synkronointikanavassa siirretään tietoa tukiaseesta, pilottisignaalin tehosta ja vaiheesta sekä ylälinkkihäiriön suuruudesta. Liikennekanavan symbolien ilmaiseminen on mahdollista, kun yhteys lähettilä ja vastaanottimen välillä on synkronoitu. Synkronoitu yhteys puolestaan tarkoittaa sitä, että päätelaite tietää signaalin kulkuaikeviin.

Tunnetun tekniikan mukaisissa ratkaisuissa siirtosuunnassa tukiasemalta tilaajapäätelaitteelle jatkuvia koodikanavia kuten pilottikanavaa voidaan käyttää synkronointiin. Tilaajapäätelaite voi etsiä koodivaiheen ja sitten synkronoitua tukiaseman lähetykseen ja sitten määrittää tukiaseman signaalin ajoituksen. Vastakkaisessa siirtosuunnassa tilaajapäätelaitteelta tukiasemalle tilaajapäätelaite aloittaa lähetysten ja tukiasema etsii koodivaiheen ja määritää päätelaitteen signaalin ajoituksen. Siirtosuunnassa tilaajapäätelaitteelta tu-

kiasemalle tulee esille ongelma, joka johtuu tilaajapäätelaitteen etäisyydestä tukiasemaan eli lähi-kauko-ongelma (near-far problem). Päätelaitteen paikan-  
 nuksessa tästä ongelmaa nimitetään kuuluvuusongelmaksi. Yhden tukiaseman  
 lähellä olevaa päätelaitetta eivät muut tukiasemat kuule eikä päätelaite lähellä  
 5 olevan tukiaseman häiritsevän lähetyn takia kuule muita tukiasemia. Kun  
 päätelaitteen ja ainakin kolmen tukiaseman välistä signaalil kulkuaikaa ei voi-  
 da mitata, ei myöskään päätelaitteen sijaintia voi tällä tavoin määrittää.

### **Keksinnön lyhyt selostus**

Keksinnön tavoitteena on siten toteuttaa menetelmä ja menetelmän  
 10 toteuttava laitteisto siten, että yllä mainitut ongelmat saadaan ratkaistua. Tämä  
 saavutetaan johdannossa esitetyn tyypillisellä menetelmällä, jolle on tunnus-  
 omaista, että päätelaitteelle välitetään palvelevan tukiaseman kautta tiedot ainakin yhden naapuritukiaseman lähettämästä ainakin yhdestä koodikanavasta,  
 15 mainittujen tietojen perusteella päätelaite määrittää mainitusta ainakin yh-  
 destä koodikanavasta ainakin hajotuskoodin ja arvion kunkin koodikanavan symboliajastuksesta suhteessa palvelevan tukiaseman ajastukseen ja näin muodostettujen koodikanavatietojen perusteella päätelaite käyttää hyväkseen ainakin osaa naapuritukiaseman koodikanavista naapuritukiaseman signaalil ajoituksen mittauksessa.

20 Keksinnön mukaiselle järjestelmälle on tunnusomaista, että palveleva tukiasema on sovitettu välittämään tiedot ainakin yhden naapuritukiaseman lähettämästä ainakin yhdestä koodikanavasta, mainittujen tietojen perusteella päätelaite on sovitettu määrittämään mainitusta ainakin yhdestä koodikanavasta ainakin hajotuskoodin ja arvion kunkin koodikanavan symboliajotuksesta suhteessa palvelevan tukiaseman ajastukseen ja koodikanavatietojen perusteella päätelaite on sovitettu käyttämään hyväkseen ainakin osaa naapuritukiaseman koodikanavista naapuritukiaseman signaalil ajoituksen mittauksessa.

25 Keksinnön mukaisella menetelmällä ja järjestelmällä saavutetaan useita etuja. Kuuluvuusongelma helpottuu ja päätelaite voi synkronoitua myös naapuritukiasemien lähetykseen, mikä mahdollistaa päätelaitteen sijainnin määrittäksen.

### **Kuvioiden lyhyt selostus**

30 Keksintöä selostetaan nyt lähemmin edullisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1 esittää radiojärjestelmää,  
 kuvio 2 esittää liikennekanavia,  
 kuvio 3 esittää vastaanottimen lohkokaaviota ja  
 kuvio 4 esittää RAKE-vastaanottimen lohkokaaviota.

---

## 5 Keksinnön yksityiskohtainen selostus

Keksinnön mukainen ratkaisu soveltuu erityisesti WCDMA-radiojärjestelmään (Wideband Code Division Multiple Access) niihin kuitenkaan rajoitumatta.

Kuviossa 1 on esitetty radiojärjestelmä, joka käsitteää päätelaitteen 100, kolme tukiasemaa 102 - 106 ja tukiasemaohjaimen 108. Tässä tilanteessa voidaan ajatella, että päätelaite 100, joka on edullisesti matkapuhelin, on varsinaisesti yhteydessä tukiaseman 102 kanssa. Tukiaseman 102 naapuritukiasemina ovat tukiasemat 104 ja 106. Näillä kaikilla tukiasemilla 102 - 106 on edullisesti yhteinen tukiasemaohjain 108, josta on yhteys edelleen esimerkiksi 15 matkapuhelinkeskuskuksen (ei esitetty kuviossa 1) kautta muualle matkapuhelinverkkoon ja muihin puhelinverkkoihin. Radiojärjestelmän verkko-osaksi määritellään muut radiojärjestelmän osat yhdessä paitsi päätelaitteet 100.

Päätelaitteen sijainnin mittausta varten tarvitaan signaalin kulkuaike 20 päätelaitteen ja ainakin kolmen tukiaseman välillä. Aluksi päätelaite mittaa kunkin tukiaseman lähettämän signaalin vastaanottohetken TOA. Tukiasemien signaalien väliset aikaerot TDOA (Time Difference Of Arrival) tai OTD (Observed Time Difference) voidaan muodostaa laskemalla tukiasemien vastaanottohetkien TOA erotukset, jolloin aikaerojen suuruudet ilmaisevat myös tukiasemien etäisyydet päätelaitteesta. Kun päätelaitteen etäisyys ainakin kolmesta tukiasemasta tunnetaan, voidaan päätelaitteen sijainti määrittää yksiselitteisesti. Vastaanottohetki voidaan CDMA-järjestelmässä määrittää käyttämällä hajotuskoodin synkronointia hyväksi. Kun tietty hajotuskoodin chippi (chippi on hajotuskoodin bitti) päätelaitteessa esiintyy ajanhetkellä  $t_1$  ja sama chippi tukiasemassa esiintyy ajanhetkellä  $t_2$ , signaalin kulkuaike päätelaitteen 25 ja tukiaseman välillä on  $t_2 - t_1$ . Päätelaite mittaa ajan  $t_1$  ja tukiasema mittaa ajan  $t_2$ . Keksinnön mukaisessa ratkaisussa päätelaitteen kellon ei tarvitse olla synkronoitu tukiasemien kellon kanssa. Kun päätelaite lähettää ns. round-trip-signaalin tukiasemalle ja tukiasema vastaa tähän signaaliin, voidaan päätelaitteen ja tukiaseman aikaeron vaikutus poistaa. Jos tukiasemien lähetystä ei ole 30 synkronoitu ja tukiasemien väliset aikaerot eivät ole tiedossa, pitää round-trip-mittaus suorittaa kaikkien niiden tukiasemien kanssa, joiden signaalien ajoitukset 35 ovat tunnistettavissa.

tusta päätelaite mittaa. Synkronoidussa verkossa tai tukiasemien välisenä aikaerojen ollessa tiedossa round-trip -signaalia ei tarvita käytettäessä aikaeroihin perustuvaa TDOA-menetelmää paikan määrittämiseen. Kulkuaikaviiveisiin perustuvassa TOA-menetelmässä tarvitaan tällöin round-trip -signaali ainoastaan palvelevaan tukiasemaan.

5 Vaikka verkko olisikin synkronoitu tai tukiasemien väliset ajoituserot olisivat tiedossa, voidaan round-trip -signaalia palvelevaan tukiasemaan käyttää määrittämään vaihteluväli kulkuaikaviiveelle muihin tukiasemiin. Päätelaite mittaa ensin etäisyden palvelevaan tukiasemaan käyttämällä round-trip -signaalia. Jos etäisyys palvelevaan tukiasemaan on  $d_1$ , naapuritukiaseman ja päätelaitteen etäisyydelle  $d_2$  pätee:

$$d_{12} - d_1 - e \leq d_2 \leq d_{12} + d_1 + e$$

missä  $d_{12}$  on palvelevan tukiaseman ja naapuritukiaseman etäisyys ja  $e$  on mittauksen  $d_1$  tarkkuus. Näin saattua viiveen vaihteluväliä voidaan hyödyntää 10 kulkuaikaviiveen estimoinnissa. Päätelaitteen ja naapuritukiaseman etäisyyden vaihteluvälin leveys on  $2(d_1 + e)$ , mikä vastaa chippeinä  $2(d_1 + e)/(c^*T_c)$ , kun  $T_c$  on chipin kesto ja  $c$  on sähkömagneettisen säteilyn nopeus.

15 Keksinnön mukaisessa ratkaisussa päätelaite 100 on aluksi yhteydessä ainakin yhteen tukiasemaan (kuviossa 1 tukiasemaan 102). Päätelaitetta 100 palvelevan tukiaseman 102 naapuritukiasemat 104, 106 välittävät päätelaitteen 100 tai radiojärjestelmän verkko-osan pyynnöstä päätelaitteelle 100 tietoja lähetettävään koodikanavista, jollainen on erityisesti liikennekanava. Saamiensa tietojen avulla päätelaite 100 voi käyttää hyväksi myös muita kuin synkronointikanavaa synkronoinnin muodostamisessa, jolloin naapuritukiasemien 104, 106 signaali(e)n ajoituksen mittaus on mahdollista pelkän synkronointikanavan käyttöön perustuvia ratkaisuja suuremmilla häiriö- ja kohinatasoilla, koska myös muiden kuin synkronointikanavan signaalien energiata voidaan käyttää hyväksi. Erityisen edullista on hyödyntää koodikanavista ne osat, joissa lähetetään tunnettua signaalia, kuten säännöllisin välein lähetettäviä referenssi- eli pilottisymboleita. Tällöin datamodulaatio on mahdollista poistaa näiltä kohdin ilman päästöstakaisinkytkentää, ja ns. koherenttia keskiarvoistamista tai suodatusta voidaan käyttää mitatulle kanavan impulssivasteestimaatiille. Tarkastellaan nyt eksinnöillistä ratkaisua siinä tapauksessa, että koodikanavasta käytetään pilottisymboleita.

35 Esimerkki tukiaseman lähetämiä koodikanavien sisällöstä ajanfunktiona on esitetty kuviossa 2. Ennalta tunnetut pilottisymbolit 200 lähetet-

tään tässä esimerkissä kolmessa eri liikennekanavassa CH1, CH2 ja CH3 eri ajanhetkillä. Päätelaitteen tulee tietää koodikanavan pilottisymbolien välinen aikaero Tslot suhteessa palvelevan tukiaseman ajoitukseen voidakseen käyttää hyväksi pilottisymboleita 200. Liikennekanavassa lähetetään datan 204 li-

5 säksi myös tehonsäätösymboli TPC (Transimission Power Control), jolla tuki-  
asema voi pyytää päätelaitetta muuttamaan lähetystehoaan.

Pystykseen käyttämään hyväkseen koodikanavan signaaleja pää-  
telitteella 100 tulee olla tiedot pilottisymbolien 200 aikaeron Tslot lisäksi myös  
koodikanavan hajotuskoodista, hajotuskertoimesta ja referenssisympboleista.

10 Edelleen päätelaitte 100 tarvitsee arvion hajotuskoodin vaiheesta ja referens-  
sisympboleiden sijainnista aikavälissä, jotka tiedot päätelaitetta 100 palveleva tu-  
kiasema 102, tukiasemaohjain 108 tai jokin muu kiinteän verkko-osan yksikkö  
pyytää naapuritukiasemalta 104, 106. Naapuritukiasema 104, 106 lähetää  
15 nämä tiedot palvelevalle tukiasemalle 102 edullisesti kiinteän verkko-osan  
kautta ainakin yhdestä koodikanavastaan, jo(i)lla on suurin lähetysteho pää-  
telaitetta palvelevan tukiaseman 102 suuntaan. Päätelaitetta 100 palveleva tu-  
kiasema 102 lähetää nämä tiedot edelleen päätelitteelle 100. Signaalien  
ajoitustiedot ilmoitetaan päätelitteelle 100 edullisesti suhteessa palvelevan  
tukiaseman 102 ajoitukseen. Jos naapuritukiasema 104, 106 ei lähetä riittä-  
20 västi koodikanavia ajoituksen mittauksen onnistumiseksi esimerkiksi vähäisen  
kuormituksen takia, naapuritukiasema 104, 106 voi lisätä lähetysteen kanavia  
päätelaitteen 100 kanavamittausten ajaksi. Tämä voi tapahtua myös pääte-  
laitteen 100 pyynnöstä. Näiden kanavien signaalien ajoituksianhan käytetään  
25 keksinnöllisessä ratkaisussa päätelaitteen 100 paikannukseen. Näillä erityi-  
sesti päätelaitteen 100 paikannuksessa käytettävillä kanavilla lähetetään edul-  
lisesti tunnettuja referenssisympboleja. Kun radiojärjestelmä on vain vähäisesti  
kuormitettu, kanavia voidaan lisätä ilman että muiden päätelaitteiden tiedon-  
siirto oleellisesti häiriintyy. Kaikki ajoitukset, joita kiinteän verkon kautta välite-  
tään, ovat edullisesti suhteessa palvelevan tukiaseman 102 ajastukseen.

30 Tarkastellaan nyt lähemmin keksinnön mukaiseen ratkaisuun so-  
veltuvaan päätelaitteen vastaanotinta kuvion 3 avulla. Vastaanotin käsittää  
aluksi antennin 280, radiotaajuusosat 282 ja analogiadigitaalimuuntimen 284.  
Lähetetty signaali otetaan vastaan antennilla 280, josta signaali etenee radio-  
taajuusosille 282, joissa suoritetaan kvadraturidemodulaatio. Kvadraturide-  
35 modulaatiossa vastaanotettu signaali jaetaan kahteen osaan, joista ensimmäis-  
nen osa kerrotaan radiotaajuisella kosinikantoallolla, joka on muotoa

$\cos(\omega_c t)$ . Toinen osa signaalia kerrotaan vaihesiirretyllä kantoaallolla, mikä voidaan ilmaista siten, että signaali kerrotaan sinikantoaallolla, joka on muotoa  $\sin(\omega_c t)$ . Näin signaalien kertomisessa käytetään kantoaaltoja, joiden välillä on  $\pi/2$  vaihesiirto. Koska signaalin eri osat ovat  $\pi/2$  vaihesiirron takia ortogonaali-

5 sia toistensa suhteen, dataosat voidaan ilmaista käyttäen kompleksista ilmaisutapaa. Tällöin vastaanotettu signaali  $U$  voidaan ilmaista muodossa  $U = I + jQ$ , missä  $I$  on ensimmäinen dataosa,  $Q$  on toinen dataosa ja  $j$  on imaginaariyksikkö. Kvadraturidemoduloidut signaalinosat  $I$ ,  $Q$  muutetaan analogadi-

gitaalimuuntimessa 284 kompleksimuotoisiksi digitaalinäytteiksi.

10 Vastaanotetun signaalin koodiin sovitettu suodatin 300 on FIR-suodatin (Finite Impulse Response), jonka painokertoimet saadaan suoraan käytetyn signaalin hajotuskoodista. Sovitettu suodatin 300 antaa ulos jokaista signaalinäytettä kohti vastaanotetun signaalin korrelaation yhdellä mitattavalla viiveellä hajotuskoodin kanssa, joka ladataan sovitettuun suodattimeen 300

15 koodigeneraattorista 302. Sovitettu suodatin 300 käsittää  $N$  tappia, mikä vastaa mitattavaa viivealueutta. Kun  $N$  kpl signaalinäytteitä on ajettu sovitettun suodattimen 300 läpi, painokertoimien pysyessä muuttumattomina, on muodostunut  $N$  kpl korrelaatioarvoja, jotka esittävät alustavasti kanavan vektorimuotoista impulssivaste-estimaattia. Alustavasta impulssivaste-estimaatista pois-

20 tetaan datamodulaation vaikutus kertojassa 306, jossa alustava impulssivaste-estimaatti kerrotaan symboligeneraattorista 304 saatavalla ennalta tunnettulla symbolisekvenssillä. Näin muodostetaan impulssivaste-estimaatti, jonka suurimmista arvoista saadaan viive-estimaatit signaalin monitiekomponenteille. Koska signaali on hyvin kohinainen, joukko peräkkäisiä impulssivaste-estimaatteja täytyy ennen viive-estimaattien muodostamista suodattaa laskentavälaineissä 308 luotettavien viive-estimaattien saamiseksi. Tämä suoritetaan laataamalla sovitettun suodattimen 300 painokertoimet hajotuskoodin seuraavalle  $N$ :lle näytteelle ja keskiarvoistamalla näin muodostettu  $N$ :n pituinen impulssivaste aikaisempien impulssivaste-estimaattien kanssa. Kun tällainen keksinnön mukainen koherenti impulssivaste-estimaatti keskiarvoistus on suoritettu, voidaan vastaanotetun signaalin viive-estimaatit periaatteessa muodostaa. Kuvattussa vastaanotinratkaisussa viive-estimaatteja tarkennetaan vielä kuitenkin jatkoprosessoinnilla. On huomattava, että vaikka tässä kuvaussessa on käytetty impulssivaste-estimaattien käsittelyssä termiä koherenti keskiarvoistaminen, keskiarvoistamisen asemesta keksinnöllisen ratkaisun toteuttavassa

25 vastaanottimessa voidaan käyttää mitä tahansa tunnettua impulssivaste-

30

35

estimaattien suodatusta perustuen esimerkiksi IIR-suodatuksenseen (Infinite Impulse Response). Jos ajoituksen mittauksessa on käytössä useita koodikana-

---

5 via, niiden tunnettuja symboliseksvenssejä voidaan käyttää hyväksi lataamalla  
kullakin ajanhetkellä sovitettuun suodattimeen sitä koodikanavan hajotuskoo-  
dia vastaavat kertoimet, jolla hajotuskoodilla sillä hetkellä vastaanotetaan refe-  
renssisymbboleita. Jos käytössä on riittävän monta koodikanavaa ja niiden ai-  
kaerät Tslot ovat jakautuneet koko referenssisymbolien lähetysjakson yli,  
päätelaitteella on sovitettuun suodattimen jälkeen käytettävissä koko ajan sig-  
naali, josta datamodulaatio voidaan poistaa. Tästä saatuja impulssivaste-  
10 estimaatteja voidaan keskiarvoistaa koherentisti, edellyttäen, että ajoituksen  
mittauksessa käytettävät koodikanavat lähetetään samasta tukiaseman an-  
tennistä, jolloin ne etenevät samaa radiokanavaa pitkin.

Kompleksinen IQ-signaali etenee koherentisti keskiarvoistavasta  
laskentavälineestä 308 valintavälineisiin 310, johon tulee myös sovitettu su-  
15 odattimen 300 lähtösignaali suoraan. Tällä valintavälineellä 310 voidaan siis va-  
lita käytetäänkö koherenttia keskiarvoistusta hyväksi vai ei. Riippumatta siitä,  
valitaanko sovitettuun suodattimen 300 lähtösignaali suoraa vai käytetäänkö ko-  
herentisti keskiarvoistettuja signaalikomponentteja, IQ-muotoinen signaali ko-  
rotetaan neliöön ( $I^2+Q^2$ ) välineissä 312 datamodulaation ja vaihevirheen  
20 poistamiseksi ennen keskiarvoistamista välineissä 314. Datamodulaationa  
käytetään esimerkiksi QPSK-modulaatiota (Quadrature Phase Shift Keying).  
Tätä valitsimen 310 jälkeistä keskiarvoistusta kutsutaan epäkoherentiksi kes-  
kiarvoistamiseksi. Käytettäessä tunnetun tekniikan mukaisesti pelkästään  
25 epäkoherenttia keskiarvoistamista haitapuolena on se, että signaalin ohella  
myös sovitettuun suodattimen 300 ulostulossa näkyvä kohina summautuu ne-  
liöllisesti, joten signaali-kohina-suhde keskiarvoistamisen jälkeen ei olennai-  
sesti parane. Pelkkä epäkoherenti keskiarvoistus auttaa tosin estimoimaan  
huippujen kohdat luottavammin. Koherentissa keskiarvoistamisessa neliöön  
korotus tehdään vasta koherentin keskiarvoistamisen jälkeen. Tämä kuitenkin  
30 edellyttää, että lähetetyt symbolit, jotka ovat edullisesti pilottisymbboleita, ovat  
ennalta tiedossa, jolloin datamodulaatio voidaan näytteistä.

Käytännössä lähettimen ja vastaanottimen radiotaajuusvälineiden  
282 käsittämiä oskillaattoreiden (ei esitetty kuvioissa) välinen taajuusvirhe ja  
radiokanavan aiheuttama Doppler-siirrymä signaalissa aiheuttaa signaalinäyt-  
35 teiden vaiheen pyörimistä, joten koherenti keskiarvoistusaika ei voi olla kovin  
pitkä, maksimissaan esimerkiksi noin 1 ms. Tällöin voidaan koherentisti keski-

arvoistettu impulssivaste-estimaatti korottaa neliöön ja keskiarvoistaa edelleen epäkoherentisti pitemmältä ajalta (yli 1 ms) välineissä 314. Kun impulssivaste-estimaatti etenee viive-estimaattoriin 316, viive-estimaattori 316 etsii impulssivaste-estimaatin huiput, jotka edustavat monitie-edenneen signaalin tärkeim-

5 piä viiveitä. Lyhin viive vastaa usein aikaa, joka signaalilla on kulunut suoran näköyhteysmatkan kulkemiseen. Näin päätelaite voi mitata tukiasemien signaalien vastaanottoajan TOA (Time Of Arrival) ja signaalien välisen havaitun aikaeron OTD (Observed Time Difference). Vastaanottimen toimintaa ohjaavat ohjausyksikkö 318 ja lohkot 300 - 318 muodostavat viivelohkon 298, joka voi

10 olla osa RAKE-vastaanotinta.

Kuviossa 4 on esitetty RAKE-vastaanottimen lohkokaavio. Vastaanotettu signaalin etenee antennista 280 radiotaajuusvälineiden 282 ja analogidigitaalimuuntimen 284 läpi kuten kuviossa 3. Tämän jälkeen kompleksinen signaali etenee viivelohkoon 298, joka tarkemmin kuvattu kuviossa 3, ja RAKE-vastaanottimen RAKE-haaroihin 400 - 404. Lohkot 400 - 404 käsittelevät tyypillisesti koodigeneraattorin ja sovitetun suodattimen hajotuskoodin purkamista varten, ja kukin lohko 400 - 404 on asetettu koostamaan eri viiveellä vastaanotettua hajotuskoodattua signaalia. Viivelohko 298 asettaa RAKE-haarojen 400 - 404 viiveet, joilla hajotuskoodaus puretaan. Kun RAKE-haarojen 400 - 404 vastaanottamien signaalien hajotuskoodaukset on purettu, monitie-edenneen signaalin eri signaalikomponentit yhdistetään diversiteettiyhdistelijässä 406, jonka jälkeen signaalin kantataajuista prosessointia jatketaan, mutta jatkokäsittely ei ole keksinnöllisen ratkaisun kannalta oleellista. Vastaanottimessa radiotaajuusvälineiden 282 vahvistusta ja taajuutta säädettäään edullisesti automaattisen vahvistuksen ohjausvälineen 410 ja automaattisen taajuuden ohjausvälineen 412 avulla.

Keksinnön mukaiset ratkaisut voidaan toteuttaa erityisesti digitaalisen signaalinkäsittelyn osalta esimerkiksi ASIC- tai VLSI-piireillä (Application-Specific Integrated Circuit, Very Large Scale Integration). Suoritettavat toiminnot toteutetaan edullisesti mikroprosessoriteknikkaan perustuvina ohjelmina.

Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän 35 keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

**Patenttivaatimukset**

1. Signaalin ajoituksen mittausmenetelmä, jota käytetään CDMA-radiojärjestelmässä, johon kuuluu ainakin kolme tukiasemaa (102 - 106) ja päätelaite (100), jotka kertovat signaalin hajotuskoodilla, ja jossa menetelmässä tukiaseman lähetys käsittää usean eri hajotuskoodilla lähetetyn koodikanavan (CH1 - CH3), joista ainakin yhdellä lähetetään ennalta tunnettu symbolisekvenssi (200), ja jossa menetelmässä päätelaite (100) on yhteydessä ainakin yhteen tukiasemaan (102), jonka ajastuksesta päätelaitteella (100) on tiedot, tunnettu siitä, että

10 päätelaitteelle (100) välitetään palvelevan tukiaseman (102) kautta tiedot ainakin yhden naapuritukiaseman (104, 106) lähetämästä ainakin yhdestä koodikanavasta (CH1, CH2, CH3),  
mainittujen tietojen perusteella päätelaite (100) määritää mainitusta ainakin yhdestä koodikanavasta (CH1, CH2, CH3) ainakin hajotuskoodin ja arvion kunkin koodikanavan (CH1, CH2, CH3) symboliajastuksesta suhteessa palvelevan tukiaseman (102) ajastukseen ja  
20 näin muodostettujen koodikanavatietojen perusteella päätelaite (100) käyttää hyväkseen ainakin osaa naapuritukiaseman (104, 106) koodikanavista (CH1, CH2, CH3) naapuritukiaseman (104, 106) signaalin ajoituksen mittauksessa.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että päätelaite (100) käyttää hyväkseen ainakin osaa naapuritukiaseman (104, 106) ilmoittamilla koodikanvilla (CH1, CH2, CH3) lähetämistä ennalta tunnetuista symbolisekvensseistä (200) naapuritukiaseman (104, 106) signaalin ajoituksen mittauksessa.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että päätelaitetta (100) palveleva tukiasema (102), tukiasemaohjain (108) tai muu kiinteän verkko-osan yksikkö pyytää ainakin yhdeltä naapuritukiasemalta (104, 106) koodikanavatietoja kiinteän verkko-osan kautta.

30 4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että naapuritukiasema (104, 106) valitsee tietojen lähetämistä varten muutaman koodikanavan (CH1 - CH3), joissa on suurin lähetysteho päätelaitetta (100) palvelevan tukiaseman (102) suuntaan.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä,  
35 että ajoituksen mittauksessa käytetään hyväksi myös synkronointikanavaa.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettua siitä, että päätelaite (100) mittaa signaalin ajoituksen ainakin kolmesta tukiasemasta (102 - 106) päätelaitteen (100) sijainnin määrittämiseksi.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä, tunnettua siitä,  
5 että päätelaite (100) lähetää tukiasemien signaaleihin liittyvät ajoitustiedot radiojärjestelmän kiinteään verkko-osaan päätelaitteen (100) sijainnin määrittämiseksi.

8. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä, tunnettua siitä, että päätelaite (100) määrittää itse oman sijaintinsa signaalien ajoituksen  
10 avulla.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettua siitä, että ajoituksen mittauksen epäonnistuessa yhden naapuritukiaseman (104, 106) kanssa päätelaite (100) mittaa signaalin ajoituksen muun naapuritukiaseman (104, 106) kanssa.

15 10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettua siitä, että naapuritukiasema (104, 106) lisää lähetykseenä päätelaitteen (100) ajoitusmittausta varten ainakin yhden koodikanavan (CH1, CH2, CH3), jolla lähetetään tunnettua symbolisekvenssiä, ja naapuritukiasema (104, 106) ilmoittaa päätelaitteelle (100) palvelevan tukiaseman (102) kautta tiedot, joiden 20 perusteella päätelaite (100) käyttää mainittua koodikanavaa (CH1, CH2, CH3) ajoituksen mittauksessa.

11. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettua siitä, että päätelaite (100) ottaa vastaan useiden saman tukiaseman (102 - 106) koodikanavien (CH1 - CH3) ennalta tunnettuja symboleita (200), jotka tukiasema (102 - 106) on lähetänyt aikamultpleksatusti useissa kanavissa (CH1 - CH3) siten, että eri koodikanavien ennalta tunnetut symbolit (200) ovat oleellisesti eri aikaisia.

12. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettua siitä, että päätelaite (100) purkaa vastaanotetun koodikanavan signaalin hajotuskoodauksen, kertoo signaalin ennalta tunnetulla symbolisekvensillä (200) kanavan impulssivaste-estimaatin muodostamiseksi ja mittaa vastaanotetun signaalin ajoituksen käytämällä impulssivaste-estimaattien koherenttia keskiarvoistamista.

13. Radiojärjestelmä, joka on erityisesti CDMA-radiojärjestelmä, jo  
35 ka käsittää ainakin kolme tukiasemaa (102 - 104) ja päätelaitteen (100), jotka on sovitettu kertomaan signaalin hajotuskoodilla, jossa radiojärjestelmässä tu-

kiaseman lähetys käsitteää usean eri hajotuskoodilla lähetetyn koodikanavan (CH1 - CH3), joista ainakin yksi käsitteää ennalta tunnetun symbolisekvenssin (200), ja päätelaite (100) on yhteydessä ainakin yhden palvelevan tukiaseman (102) kanssa, jonka ajastuksesta päätelaitteella (100) on tiedot, t u n n e t t u

5 siitä, että palveleva tukiasema (102) on sovitettu välittämään tiedot ainakin yhden naapuritukiaseman (104, 106) lähetämästä ainakin yhdestä koodikana-vasta (CH1, CH2, CH3),

mainittujen tietojen perusteella päätelaite (100) on sovitettu määrit-tämään mainitusta ainakin yhdestä koodikanaasta (CH1, CH2, CH3) ainakin 10 hajotuskoodin ja arvion kunkin koodikanavan (CH1, CH2, CH3) symboliajoi-tuksesta suhteessa palvelevan tukiaseman (102) ajastukseen ja

15 koodikanavatietojen perusteella päätelaite (100) on sovitettu käyt-tämään hyväkseen ainakin osaa naapuritukiaseman (104, 106) koodikanavista (CH1, CH2, CH3) naapuritukiaseman (104, 106) signaalin ajoituksen mittauk-sessa.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t - t u siitä, että päätelaite (100) on sovitettu käyttämään hyväkseen ainakin osaa naapuritukiaseman (104, 106) ilmoittamilla koodikanavilla (CH1, CH2, CH3) lähetämistä ennalta tunnetuista symbolisekvensseistä (200) naapuritukiase-20 man (104, 106) signaalin ajoituksen mittauksessa.

15. Patenttivaatimuksen 13 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t - t u siitä, että päätelaitetta (100) palveleva tukiasema (102), tukiasemaohjain (108) tai muu kiinteän verkko-osan yksikkö on sovitettu pyytämään ainakin yh-deltä naapuritukiasemalta (104, 106) koodikanavatietoja kiinteän verkko-osan 25 kautta.

16. Patenttivaatimuksen 13 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t - t u siitä, että naapuritukiasema (104, 106) on sovitettu valitsemaan tietojen lä-hettämistä varten muutaman koodikanavan (CH1 - CH3), joissa on suurin lä-hetysteho päätelaitetta (100) palvelevan tukiaseman (102) suuntaan.

30 17. Patenttivaatimuksen 13 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t - t u siitä, että päätelaite (100) on sovitettu käyttämään ajoituksen mittauksessa hyväksi myös synkronointikanavaa.

18. Patenttivaatimuksen 13 mukainen radiojärjestelmä, t u n n e t - t u siitä, että päätelaite (100) on sovitettu mittaamaan signaalin ajoituksen ai-35 nakin kolmesta tukiasemasta (102 - 106) päätelaitteen (100) sijainnin määrit-tämiseksi.

19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päätelaite (100) on sovitettu lähetämään tukiasemien (102 - 106) signaaleihin liittyvät ajoitustiedot radiojärjestelmän kiinteään verkko-osaan päätelaitteen (100) sijainnin määrittämiseksi.

5 20. Patenttivaatimuksen 18 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päätelaite (100) on sovitettu määrittämään itse oman sijaintinsa signaalien ajoituksen avulla.

10 21. Patenttivaatimuksen 13 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että ajoituksen mittauksen epäonnistuessa yhden tukiaseman (102 - 106) kanssa päätelaite (1009 on sovitettu mittamaan signaalin ajoituksen muun tukiaseman (102 - 106) kanssa.

15 22. Patenttivaatimuksen 13 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että naapuritukiasema (104, 106) on sovitettu lisäämään lähetykseenä päätelaitteen (100) ajoitusmittausta varten ainakin yhden koodikanavan (CH1, CH2, CH3), joka käsittää tunnetun symbolsekvenssin, ja naapuritukiasema (104, 106) on sovitettu ilmoittamaan päätelaitteelle (100) palveluvan tukiaseman (102) kautta päätelaitteen (100) koodikanavan (CH1, CH2, CH3) ajoituksen mittauksessa käyttämät tiedot.

20 23. Patenttivaatimuksen 14 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päätelaite (100) on sovitettu ottamaan vastaan useiden saman tukiaseman (102 - 106) koodikanavien (CH1, CH2, CH3) ennalta tunnettuja symboleita (200), jotka tukiasema (102 - 106) on lähetänyt aikamultipleks-tuisti useissa kanavissa (CH1 - CH3) siten, että eri koodikanavien ennalta tunnetut symbolit (200) ovat oleellisesti eri aikaisia.

25 24. Patenttivaatimuksen 14 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päätelaite (100) on sovitettu purkamaan vastaanotetun koodikanavan signaalin hajotuskoodauksen, kertomaan signaalin ennalta tunnetulla symbolsekvenssillä (200) kanavan impulssivaste-estimaatin muodostamiseksi ja mittamaan vastaanotetun signaalin ajoituksen käyttämällä impulssivaste-estimaattien koherenttia keskiarvoistamista.

**(57) Tiivistelmä**

Keksintö kohdistuu signaalin ajoituksen mittausmenetelmään ja menetelmän toteuttavaan CDMA-radiojärjestelmään. Päätelaitteelle (100) välitetään palvelevan tukiaseman (102) kautta tiedot ainakin yhdestä naapuritukiaseman (104, 106) lähetämästä koodikanavasta. Näiden tietojen perusteella päätelaitte (100) määrittää kustakin mainitusta koodikanavasta ainakin hajotuskoodin ja arvion symboliajastuksesta suhteessa palvelevan tukiaseman (102) ajastukseen. Päätelaitte (100) käyttää hyväkseen ainakin osaa naapuritukiaseman (104, 106) koodikanavista naapuritukiaseman (104, 106) signaalin ajoituksen mittauksessa. Ajoituksen perusteella määritetään esimerkiksi päätelaitteen (100) sijainti.

(Kuvio 1)

1/2

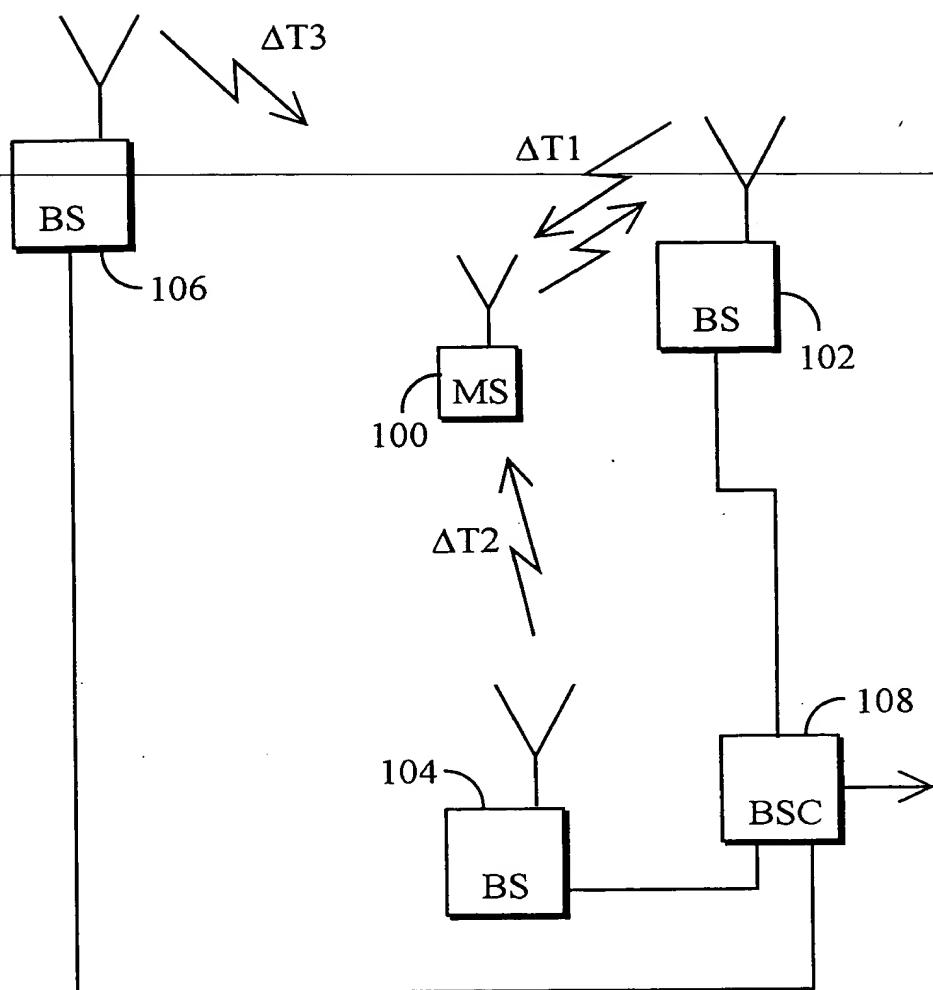


FIG. 1

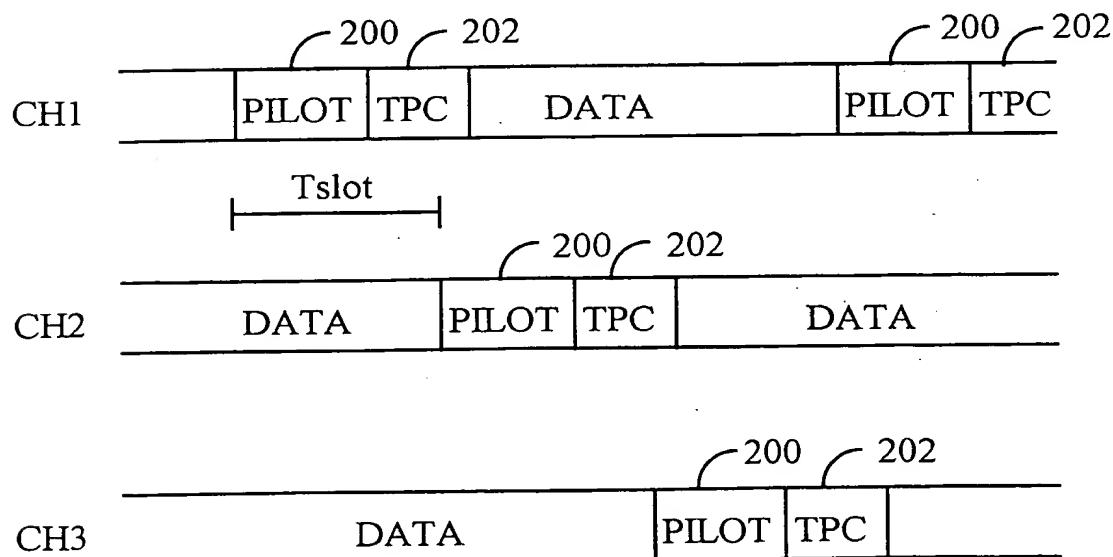


FIG. 2

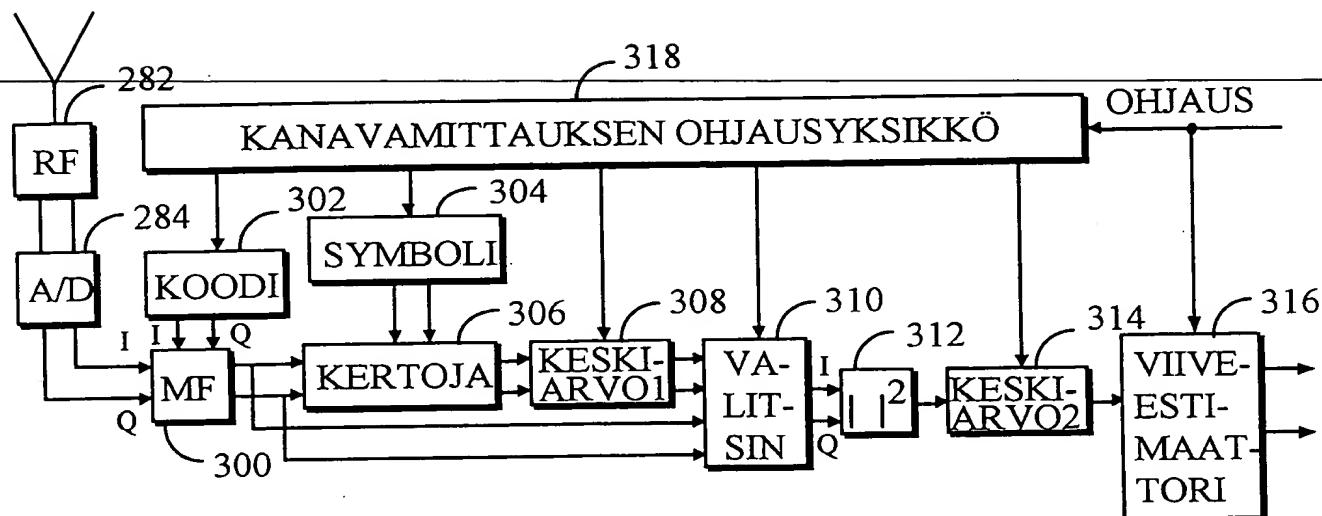


FIG. 3

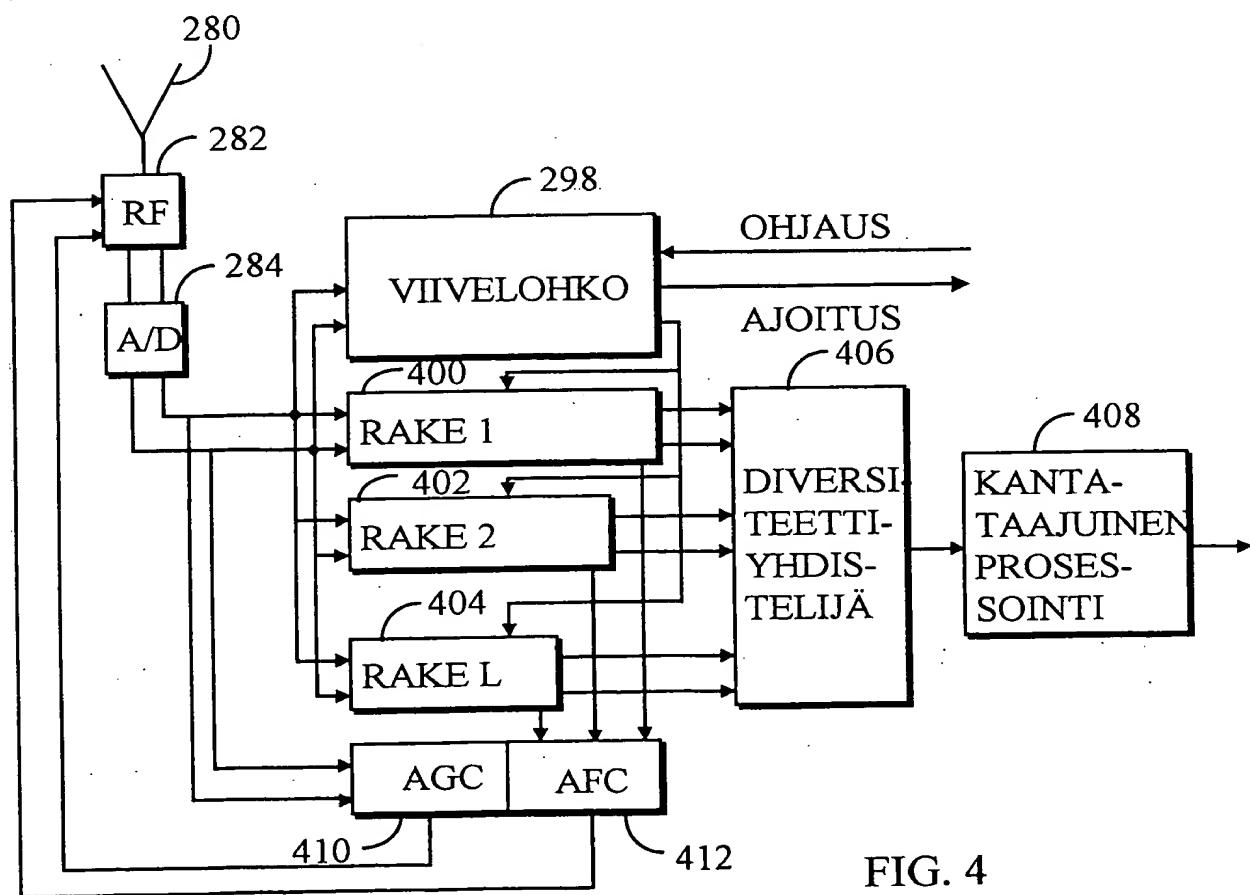


FIG. 4



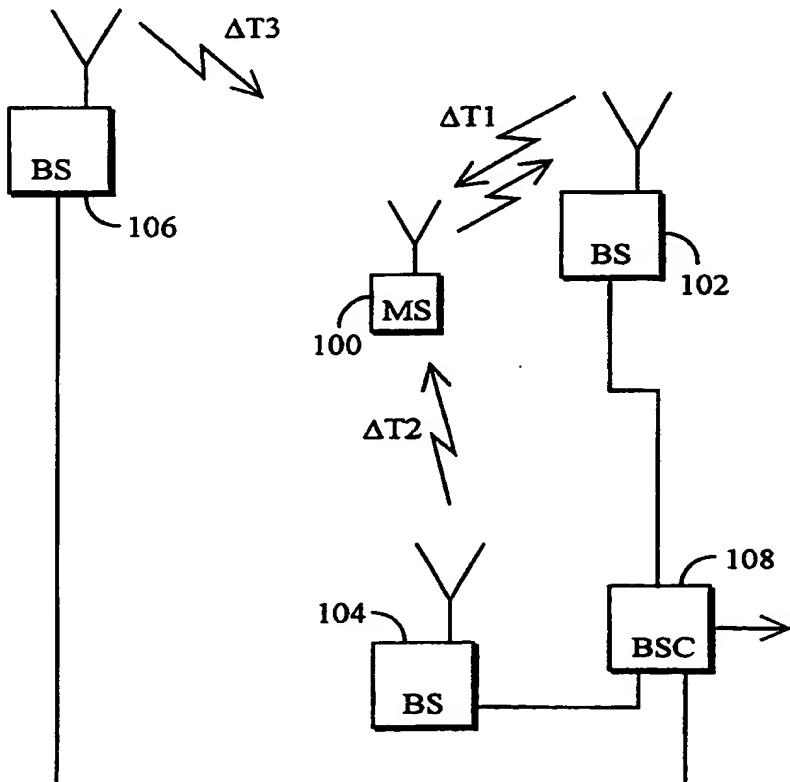
## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification <sup>6</sup> :	A2	(11) International Publication Number:	WO 99/57932
H04Q 7/38		(43) International Publication Date:	11 November 1999 (11.11.99)
(21) International Application Number:	PCT/FI99/00366	(81) Designated States:	AE, AL, AM, AT, AT (Utility model), AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, CZ (Utility model), DE, DE (Utility model), DK, DK (Utility model), EE, EE (Utility model), ES, FI, FI (Utility model), GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SK (Utility model), SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
(22) International Filing Date:	3 May 1999 (03.05.99)		
(30) Priority Data:	980982	4 May 1998 (04.05.98)	FI
(71) Applicant (for all designated States except US):	NOKIA NETWORKS OY [FI/FI]; Keilalahdentie 4, FIN-02150 Espoo (FI).		
(72) Inventors; and			
(75) Inventors/Applicants (for US only):	KÄRNÄ, Juha [FI/FI]; Tontunmäentie 31 A 1, FIN-02200 Espoo (FI). HOTTINEN, Ari [FI/FI]; Ristiniementie 4 O 30, FIN-02320 Espoo (FI). HELENIUS, Jyri [FI/FI]; Timpurinkuja 1 A 15, FIN-02600 Espoo (FI).		
(74) Agent:	PATENTTITOIMISTO TEKNOPOLIS KOLSTER OY; c/o Kolster Oy AB, Iso Roobertinkatu 23, P.O. Box 148, FIN-00121 Helsinki (FI).		

## (54) Title: METHOD OF MEASURING SIGNAL TIMING, AND RADIO SYSTEM

## (57) Abstract

The invention relates to a method of measuring signal timing and a CDMA radio system implementing the method. Data on at least one code channel transmitted by a neighbour base station (104, 106) is conveyed to a terminal (100) via a serving base station (102). On the basis of these data, the terminal (100) determines at least the spreading code of each said code channel and an estimate of the symbol timing in respect of the timing of the serving base station (102). The terminal utilizes at least some of the code channels of the neighbour base station (104, 106) to measure the signal timing of the neighbour base station (104, 106). On the basis of the timing, e.g. the location of the terminal (100) is determined.



**FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY**

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Larvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece	ML	Mali	TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	MN	Mongolia	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MR	Mauritania	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MX	Mexico	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	NE	Niger	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NL	Netherlands	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norway	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NZ	New Zealand	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	PL	Poland		
CM	Cameroon	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kazakhstan	RO	Romania		
CU	Cuba	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
CZ	Czech Republic	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Germany	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
DK	Denmark	LR	Liberia	SG	Singapore		
EE	Estonia						

## METHOD OF MEASURING SIGNAL TIMING, AND RADIO SYSTEM

### FIELD OF INVENTION

The field of the invention are radio systems and, more particularly, a

5 CDMA radio system. The invention relates to a method of measuring signal timing to be used in the CDMA radio system comprising at least three base stations and a terminal, which multiply a signal by a spreading code, and in which method the transmission of a base station comprises various code channels transmitted by different spreading codes, on one of which code

10 channels a predetermined symbol sequence is transmitted, and in which method the terminal is in connection with at least one base station, on whose timing the terminal stores data.

The invention also relates to a radio system, which is a CDMA radio system in particular, comprising at least three base stations and a terminal

15 which are arranged to multiply a signal by a spreading code, in which radio system the transmission of a base station comprises various code channels transmitted by different spreading codes, at least one of which code channels comprises a predetermined symbol sequence, and the terminal is in connection with at least one serving base station, on whose timing the terminal

20 stores data.

### BACKGROUND OF THE INVENTION

It is important to determine the precise propagation time delay for a received signal in order to detect the signal and to locate a terminal, for

25 example. In order for the terminal to synchronize itself to the transmission of a base station, each base station transmits a synchronizing signal on a sync channel. The signal on the sync channel can be demodulated and detected each time when a pilot signal is identifiable. On the sync channel, data on the base station, the power and phase of the pilot signal and the amount of uplink

30 interference is transferred. Detecting symbols on a traffic channel is possible when the connection between a transmitter and a receiver is synchronized. The synchronized connection for its part means that the terminal is aware of the propagation time delay for the signal.

In prior art solutions, code channels whose direction of transmission

35 is from a base station to a subscriber station, e.g. pilot channels, can be used

for synchronizing. The subscriber station can seek the code phase and then synchronize itself to the transmission of the base station and thus determine the signal timing of the base station. In the reverse direction of transmission from a subscriber station to a base station, the subscriber station begins 5 transmitting and the base station seeks the code phase and determines the signal timing of the terminal. In the direction of transmission from a subscriber station to a base station, a problem arises which is due to the distance between a subscriber station and a base station, i.e. a near-far problem. In locating a terminal, this problem is called a coverage problem. A terminal 10 located close to one base station is outside coverage areas of other base stations and it is not capable of hearing other base stations because of the interfering transmission of the nearby base station. As the travel time of a signal between the terminal and at least three base stations cannot be measured, the location of the terminal cannot thus be determined either.

15

#### BRIEF DESCRIPTION OF THE INVENTION

It is thus an object of the invention to provide a method and an apparatus implementing the method, in such a way that the above problems can be eliminated. This is achieved by a type of method disclosed in the 20 introduction, which is characterized by conveying data on at least one code channel transmitted by at least one neighbour base station via a serving base station to the terminal, the terminal determining on the basis of said data the spreading code of at least one said code channel and an estimate of the symbol timing of each code channel in respect of the timing of the serving 25 base station, and the terminal utilizing on the basis of these data on the code channels at least some of the code channels of the neighbour base station to measure the signal timing of the neighbour base station.

The system of the invention is characterized in that the serving base station is arranged to convey data on at least one code channel 30 transmitted by at least one neighbour base station, the terminal is arranged to determine on the basis of said data at least the spreading code of at least one said code channel and an estimate of the symbol timing of each code channel in respect of the timing of the serving base station, and on the basis of data on the code channels the terminal is arranged to utilize at least some of the code 35 channels of the neighbour base station to measure the signal timing of the neighbour base station.

The method and system of the invention provide a plurality of advantages. Coverage is improved and a terminal can also synchronize itself to the transmission of neighbour base stations, which enables the locating of the terminal.

5

### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The invention will now be described in greater detail in connection with the preferred embodiments, with reference to the attached drawings, in which

10       Figure 1 shows a radio system,  
            Figure 2 shows traffic channels,  
            Figure 3 shows a block diagram of a receiver and  
            Figure 4 shows a block diagram of a RAKE receiver.

### 15 DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

The solution of the invention is applicable to a WCDMA radio system (Wideband Code Division Multiple Access) in particular, yet without restricting thereto.

20       Figure 1 shows a radio system comprising a terminal 100, three base stations 102 to 106 and a base station controller 108. In this case, the terminal 100, which is preferably a mobile phone, can be considered primarily being in connection with the base station 102. Neighbour base stations of the base station 102 are the base stations 104 and 106. All these base stations 102 to 106 share preferably the same base station controller 108, from which  
25       there is a further connection via e.g. a mobile services switching centre (not shown in Figure 1) to the other parts of the mobile telephone network and to other telephone networks. All the other parts of the radio system except the terminals 100 are defined as the network part of the radio system.

30       To measure the terminal location, the travel time of a signal between the terminal and at least three base stations is needed. At first, the terminal measures the time of arrival, TOA, of a signal transmitted by each base station. Time differences between the signals of the base stations TDOA (Time Difference Of Arrival) or OTD (Observed Time Difference) can be detected by calculating the differentials of the times of arrival TOA of the base  
35       stations, when the time differences also indicate the distances between the

base stations and the terminal. When the distances between the terminal and at least three base stations is known, the terminal location can be determined unambiguously. In the CDMA system, the time of arrival can be determined by utilizing the synchronization of the spreading code. When a given chip of the 5 spreading code (a chip is a bit of the spreading code) at the terminal appears at the instant  $t_1$  and the same chip at the base station appears at the instant  $t_2$ , the travel time of the signal between the terminal and the base station is  $t_2 - t_1$ . The terminal measures the time  $t_1$  and the base station measures the 10 time  $t_2$ . In the solution of the invention, the terminal clock need not be synchronized with the clocks of the base stations. When the terminal transmits a so-called round-trip signal to the base station and the base station replies to this signal, the effect of the time difference between the terminal and the base station can be eliminated. If the transmission of the base stations has not been 15 synchronized and the time differences between the base stations are not known, the round-trip must be measured from all the base stations whose signal timing the terminal measures. In a synchronized network, or if the time differences between the base stations are known, a round-trip signal is not needed for employing the TDOA method based on the time differences to determine a location. In the TOA method based on propagation time delays, a 20 round-trip signal is only needed for the serving base station.

Even if the network was synchronized or the timing differences between the base stations were known, the round-trip signal to the serving base station can be used in determining the range for the propagation time delay to the other base stations. The terminal first measures the distance to the 25 serving base station by using the round-trip signal. If the distance to the serving base station is  $d_1$ , then the distance between the neighbour base station and the terminal is:

$$d_{12} - d_1 - e \leq d_2 \leq d_{12} + d_1 + e$$

where  $d_{12}$  is the distance between the serving base station and the neighbour 30 base station and  $e$  is the accuracy of the measurement  $d_1$ . The range of the delay established this way can be utilized in estimating the propagation time delay. The range deviation of the distance between the terminal and the neighbour base station is  $2(d_1 + e)$ , which corresponds to  $2(d_1 + e)/(c*T_c)$  as chips, where  $T_c$  is the duration of the chip and  $c$  is the velocity of 35 electromagnetic radiation.

In the solution of the invention, the terminal 100 is at first in connection with at least one base station (in Figure 1, with the base station 102). At request of the terminal 100 or the network part of the radio system, the neighbour base stations 104, 106 of the base station 102 serving the terminal 100 transmit to the terminal 100 data on the transmitted code channels, an example of which is a traffic channel in particular. On the basis of the received data, the terminal 100 can also utilize some other than the sync channel in synchronizing, whereby it is possible to measure the signal timing of the neighbour base stations 104, 106 on higher interference and noise levels than in the solutions solely based on the use of the sync channel, because also the energy of a signal of other than the sync channel can be used. It is especially preferable to utilize the parts of the code channels in which a known signal is transmitted, e.g. regularly transmitted reference i.e. pilot symbols. Thus, data modulation can be eliminated from these parts without decision feedback, and a so-called coherent averaging or filtering can be used for the measured estimate of the impulse response of the channel. Let us now turn to the solution of the invention in case of using pilot symbols of the code channel.

An example of the content of the code channels transmitted by a base station is shown as a function of time in Figure 2. In this example, predetermined pilot symbols 200 are transmitted on three different traffic channels CH1, CH2 and CH3 at different instances. In order to be capable of making use of the pilot symbols 200, the terminal has to be aware of the time difference Tslot between the pilot symbols of the code channel in respect of the timing of the serving base station. On the traffic channel, besides data 204 also a transmission power symbol TPC (Transmission Power Control) is transmitted, by means of which symbol the base station can request the terminal to change its transmission power.

In order to make use of the signals of the code channel, the terminal 100 has to have data both on the time difference Tslot between the pilot symbols 200 and on the spreading code, spreading coefficient and reference symbols of the code channel. The terminal 100 needs further an estimate of the phase of the spreading code and of the location of the reference symbols in a timeslot, which data the base station 102 serving the terminal 100, the base station controller 108 or some other unit in the fixed network part requests of the neighbour base station 104, 106. The neighbour

base station 104, 106 transmits these data to the serving base station 102 preferably via the fixed network part from at least one of its code channels, which has/have the highest transmission power in the direction of the base station 102 serving the terminal. The base station 102 serving the terminal 100  
5 transmits these data further to the terminal 100. Data on the signal timing are given to the terminal 100 preferably in respect of the timing of the serving base station 102. If the neighbour base station 104, 106 does not transmit a sufficient amount of code channels for the timing measurement to succeed, e.g. due to low congestion, the neighbour base station 104, 106 can add more  
10 channels to the transmission for the time the terminal 100 is measuring the channels. This can also happen at request of the terminal 100. It is the signal timing of these channels that is used in the inventive solution to locate the terminal 100. On these channels used particularly in locating the terminal 100, known reference symbols are preferably transmitted. When a radio system is  
15 only slightly congested, more channels can be added without substantially disturbing data transmission of other terminals. All the timings that are conveyed by the fixed network are preferably in respect of the timing of the serving base station 102.

Let us now take a closer look on a receiver of the terminal in Figure  
20 3 applicable to the solution of the invention. The receiver comprises firstly an antenna 280, radio frequency parts 282 and an analogue-to-digital converter 284. A transmitted signal is received by the antenna 280, from which the signal travels to the radio frequency parts 282 where a quadrature demodulation is performed. In quadrature demodulation, the received signal is  
25 divided into two parts, the first of which is multiplied by a radio-frequency cosine carrier wave, which has the form  $\cos(\omega_c t)$ . The second part of the signal is multiplied by a phase-shifted carrier wave, which can be expressed such that the signal is multiplied by a sin carrier wave, which has the form  $\sin(\omega_c t)$ . Thus, the multiplication of signals employs carrier waves, between  
30 which there is a  $\pi/2$  phase shift. As the different parts of the signal are orthogonal to each other due to the  $\pi/2$  phase shift, data parts can be expressed in a complex manner. Thus, the received signal U can be expressed in the form  $U = I + jQ$ , where I is the first data part, Q is the second data part and j is an imaginary unit. The quadrature-demodulated signal parts  
35 I, Q are changed in the analogue-to-digital converter 284 to complex digital samples.

A filter 300 arranged to the code of the received signal is a FIR filter (Finite Impulse Response), whose weight coefficients are directly derived from the spreading code of the used signal. The arranged filter 300 outputs the correlation of each signal received per each signal sample by means of one delay to be measured along with the spreading code, which is loaded to the arranged filter 300 from a code generator 302. The arranged filter 300 comprises N taps, which corresponds to the delay area to be measured. As N signal samples have been driven through the arranged filter 300, the weight coefficients remaining unchanged, N correlation values have developed, preliminarily indicating an estimate of the impulse response of the channel in vector format. From the preliminary estimate of the impulse response, the effect of data modulation in a multiplier 306 is eliminated, in which multiplier the preliminary estimate of the impulse response is multiplied by a predetermined symbol sequence derived from a symbol generator 304. Thus, the estimate of the impulse response is made, and its biggest values generate delay estimations for multipath components of the signal. As the amount of noise in the signal is very high, before generating delay estimations, a series of consecutive estimates of the impulse response has to be filtered in calculating means 308 in order to establish reliable delay estimations. This is accomplished by loading the weight coefficients of the arranged filter 300 to the next N samples of the spreading code and by averaging the N-long impulse response established this way with the previous estimates of the impulse response. After the coherent averaging according to the invention is performed for the estimates of the impulse response, the delay estimations for the received signal can in principle be made. In the described receiver solution, delay estimations are, however, still specified by further processing. It is to be noticed that although the term coherent averaging is in this description connected to the estimates of the impulse response, any known filtering of the estimates of the impulse response, e.g. an IIR-based filtering (Infinite Impulse Response), can be used instead of the averaging in the receiver implementing the inventive solution. If several code channels are used for measuring timing, their known symbol sequences can be utilized by loading to the arranged filter at each instant of time the coefficients corresponding to the spreading code of the code channel by which spreading code reference symbols are received at that moment. If there is a sufficient amount of code channels in use and their time differences Tslot span the whole transmission period of the reference

symbols, the terminal can after the arranged filter constantly use a signal from which data modulation can be eliminated. The estimates of the impulse response generated in this manner can be coherently averaged, providing that the code channels to be used in measuring timing are transmitted from the 5 same antenna of the base station, whereby they proceed along the same radio channel.

A complex IQ signal proceeds coherently from the averaging calculating means 308 to selecting means 310, at which also an output signal of the arranged filter 300 directly arrives. The selecting means 310 can thus be 10 used for deciding, whether or not to utilize the coherent averaging. Irrespective of the fact, whether to directly select the output signal of the filter 300 or to use the coherently averaged signal components, the signal in IQ format is squared ( $I^2+Q^2$ ) in means 312 before the averaging in means 314 to eliminate data modulation and phase error. As data modulation, e.g. a QPSK modulation 15 (Quadrature Phase Shift Keying) is employed. The averaging which is performed after the selector 310 is called incoherent averaging. Employing only incoherent averaging according to the prior art has the disadvantage that besides the signal, also the noise in the output of the arranged filter 300 is squared, and thus the signal-to-noise ratio does not substantially improve after 20 the averaging. A mere incoherent averaging helps, however, to estimate the peaks more reliably. In coherent averaging, the squaring is performed only after the coherent averaging. This requires, however, that the transmitted symbols, preferably pilot symbols, are predetermined, whereby data modulation can be eliminated from the samples.

25 In practice, a frequency error between the transmitter and oscillators (not shown in the figures) in the radio frequency means 282 of the receiver and the Doppler shift in the signal caused by a radio channel create phase rotating of signal samples, and so the coherent averaging time cannot be very long, e.g. about 1 ms maximum. In this case, a coherently averaged 30 estimate of the impulse response can be squared and further averaged incoherently at a longer period of time (more than 1 ms) in the means 314. As the estimate of the impulse response proceeds to a delay estimator 316, the delay estimator 316 seeks the peaks of the estimate of the impulse response representing the most important delays of the multipath-propagated signal. 35 The shortest delay often corresponds to the time the signal has taken to travel the direct line of sight distance. In this way, the terminal can measure the time

of arrival TOA (Time Of Arrival) of the signals of the base stations and the observed time difference OTD (Observed Time Difference) between the signals. The receiver is controlled by a control unit 318 and blocks 300 to 318 form a delay block 298, which can be a part of a RAKE receiver.

5       Figure 4 shows a block diagram of a RAKE receiver. The received signal travels from the antenna 280 through the radio frequency means 282 and the analogue-to-digital converter 284 as in Figure 3. Thereafter, a complex signal travels to the delay block 298, which is illustrated in more detail in Figure 3, and to RAKE branches 400 to 404 of the RAKE receiver. The  
10 blocks 400 to 404 typically comprise a code generator and an arranged filter to decode the spreading code, and each block 400 to 404 is arranged to edit the spreading-coded signal received at different delays. The delay block 298 sets the delays of the RAKE branches 400 to 404, by which the spreading coding is decoded. After the spreading codings of the signals received by the RAKE  
15 branches 400 to 404 have been decoded, different signal components of the multipath-propagated signal are combined in a diversity combiner 406, after which the baseband processing of the signal is continued, but the further processing is not substantial for the inventive solution. In the receiver, the amplification and frequency of the radio frequency means 282 is preferably  
20 adjusted by means of automatic gain control means 410 and by means of automatic frequency control means 412.

When it comes to digital signal manipulation in particular, the solutions of the invention can be implemented by e.g. ASIC or VLSI circuits (Application-Specific Integrated Circuit, Very Large Scale Integration). The  
25 procedures to be performed are preferably implemented as programs based on microprocessor technology.

Although the invention has been described above with reference to the example according to the attached drawings, it is obvious that the invention is not restricted thereto, but may be modified in a variety of ways  
30 within the scope of the inventive idea disclosed in the attached claims.

## CLAIMS

1. A method of measuring signal timing to be used in the CDMA radio system comprising at least three base stations (102 to 106) and a terminal (100), which multiply a signal by a spreading code, and in which method the transmission of a base station comprises various code channels (CH1 to CH3) transmitted by different spreading codes, on one of which code channels a predetermined symbol sequence (200) is transmitted, and in which method the terminal (100) is in connection with at least one base station (102), on whose timing the terminal (100) stores data, **characterized** by
  - 10 conveying data on at least one code channel (CH1, CH2, CH3) transmitted by at least one neighbour base station (104, 106) via a serving base station (102) to the terminal (100),
    - the terminal (100) determining on the basis of said data the spreading code of at least one code channel (CH1, CH2, CH3) and an estimate of the symbol timing of each code channel (CH1, CH2, CH3) in respect of the timing of the serving base station (102), and
    - the terminal (100) utilizing on the basis of these data on code channels at least some of the code channels (CH1, CH2, CH3) of the neighbour base station (104, 106) to measure the signal timing of the neighbour base station (104, 106).
  2. A method as claimed in claim 1, **characterized** by the terminal (100) utilizing at least some of the predetermined symbol sequences (200) transmitted on the code channels (CH1, CH2, CH3) by the neighbour base station (104, 106) to measure the signal timing of the neighbour base station (104, 106).
  3. A method as claimed in claim 1, **characterized** by the base station (102) serving the terminal (100), the base station controller (108) or some other unit in the fixed network requesting data on the code channels of at least one neighbour base station (104, 106) via the fixed network part.
  - 30 4. A method as claimed in claim 1, **characterized** by the neighbour base station (104, 106) selecting for data transmission code channels (CH1 to CH3) which have the highest transmission power in the direction of the base station (102) serving the terminal (100).
  - 35 5. A method as claimed in claim 1, **characterized** by the timing measurement also utilizing the sync channel.

6. A method as claimed in claim 1, characterized by the terminal (100) measuring the signal timing from at least three base stations (102 to 106) to locate the terminal (100).

5 7. A method as claimed in claim 6, characterized by the terminal (100) transmitting data on the signal timing of the base stations to the fixed network part of the radio system to locate the terminal (100).

8. A method as claimed in claim 6, characterized by the terminal (100) determining its own location by means of the signal timing.

10 9. A method as claimed in claim 1, characterized by the terminal (100) measuring the signal timing with some other neighbour base station (104, 106), if the signal timing fails with one neighbour base station (104, 106).

15 10. A method as claimed in claim 1, characterized by the neighbour base station (104, 106) adding to its transmission at least one code channel (CH1, CH2, CH3) on which a known symbol sequence is transmitted to measure the signal timing of the terminal (100), and the neighbour base station (104, 106) conveying via the serving base station (102) to the terminal (100) data, on the basis of which the terminal (100) uses said code channel (CH1, CH2, CH3) to measure the signal timing.

20 11. A method as claimed in claim 2, characterized by the terminal (100) receiving predetermined symbols (200) on several code channels (CH1 to CH3) of the same base station (102 to 106), the symbols being transmitted time-division multiplexed by the base station (102 to 106) on several channels (CH1 to CH3) in such a way that the predetermined symbols 25 (200) of different code channels arrive at substantially different times.

12. A method as claimed in claim 2, characterized by the terminal (100) decoding the received spreading coding of the signal of the code channel, multiplying the signal by a predetermined symbol sequence (200) to generate an estimate of the impulse response of the channel and 30 measuring the timing of the received signal by coherently averaging the estimates of the impulse response.

13. A radio system, which is a CDMA radio system in particular, comprising at least three base stations (102 to 104) and a terminal (100) which are arranged to multiply a signal by a spreading code, in which radio system 35 the transmission of a base station comprises various code channels (CH1 to CH3) transmitted by different spreading codes, at least one of which code

channels comprises a predetermined symbol sequence (200), and the terminal (100) is in connection with at least one serving base station (102), on whose timing the terminal (100) stores data, **characterized** in that the serving base station (102) is arranged to convey data on at least one code channel

5 (CH1, CH2, CH3) transmitted by at least one neighbour base station (104, 106),

the terminal (100) is arranged to determine on the basis of said data at least the spreading code of at least one said code channel (CH1, CH2, CH3) and an estimate of the symbol timing of each code channel (CH1, CH2,

10 CH3) in respect of the timing of the serving base station (102), and

on the basis of data on code channels the terminal (100) is arranged to utilize at least some of the code channels (CH1, CH2, CH3) of the neighbour base station (104, 106) to measure the signal timing of the neighbour base station (104, 106).

15 14. A radio system as claimed in claim 13, **characterized** in that the terminal (100) is arranged to utilize at least some of the predetermined symbol sequences (200) transmitted on the code channels (CH1, CH2, CH3) by the neighbour base station (104, 106) to measure the signal timing of the neighbour base station (104, 106).

20 15. A radio system as claimed in claim 13, **characterized** in that the base station (102) serving the terminal (100), the base station controller (108) or some other unit in the fixed network part is arranged to request data on the code channels of at least one neighbour base station (104, 106) via the fixed network part.

25 16. A radio system as claimed in claim 13, **characterized** in that the neighbour base station (104, 106) is arranged to select for data transmission code channels (CH1 to CH3) which have the highest transmission power in the direction of the base station (102) serving the terminal (100).

30 17. A radio system as claimed in claim 13, **characterized** in that the terminal (100) is arranged to utilize also the sync channel in measuring the timing.

35 18. A radio system as claimed in claim 13, **characterized** in that the terminal (100) is arranged to measure the signal timing from at least three base stations (102 to 106) to locate the terminal (100).

19. A radio system as claimed in claim 18, **c h a r a c t e r i z e d** in that the terminal (100) is arranged to transmit data on the signal timing of the signals of the base stations (102 to 106) to the fixed network part of the radio system to locate the terminal (100).

5 20. A radio system as claimed in claim 18, **c h a r a c t e r i z e d** in that the terminal (100) is arranged to determine its own location by means of the signal timing.

10 21. A radio system as claimed in claim 13, **c h a r a c t e r i z e d** in that the terminal (100) is arranged to measure the signal timing with some other base station (102 to 106), if the timing measurement fails with one base station (102 to 106).

15 22. A radio system as claimed in claim 13, **c h a r a c t e r i z e d** in that the neighbour base station (104, 106) is arranged to add to its transmission at least one code channel (CH1, CH2, CH3) comprising a known symbol sequence to measure the timing of the terminal (100), and the neighbour base station (104, 106) is arranged to convey via the serving base station (102) to the terminal (100) data the terminal (100) uses in measuring the timing of the code channel (CH1, CH2, CH3).

20 23. A radio system as claimed in claim 14, **c h a r a c t e r i z e d** in that the terminal is arranged to receive the predetermined symbols (200) on various code channels (CH1, CH2, CH3) of the same base station (102 to 106), the symbols being transmitted time-division multiplexed by the base station (102 to 106) on various channels (CH1 to CH3) in such a way that the predetermined symbols (200) of different code channels arrive at substantially different times.

25 24. A radio system as claimed in claim 14, **c h a r a c t e r i z e d** in that the terminal (100) is arranged to decode the received spreading coding of the signal of the code channel, to multiply the signal by the predetermined symbol sequence (200) to generate an estimate of the impulse response of the channel and to measure the timing of the received signal by coherently averaging the estimates of the impulse response.

1/2

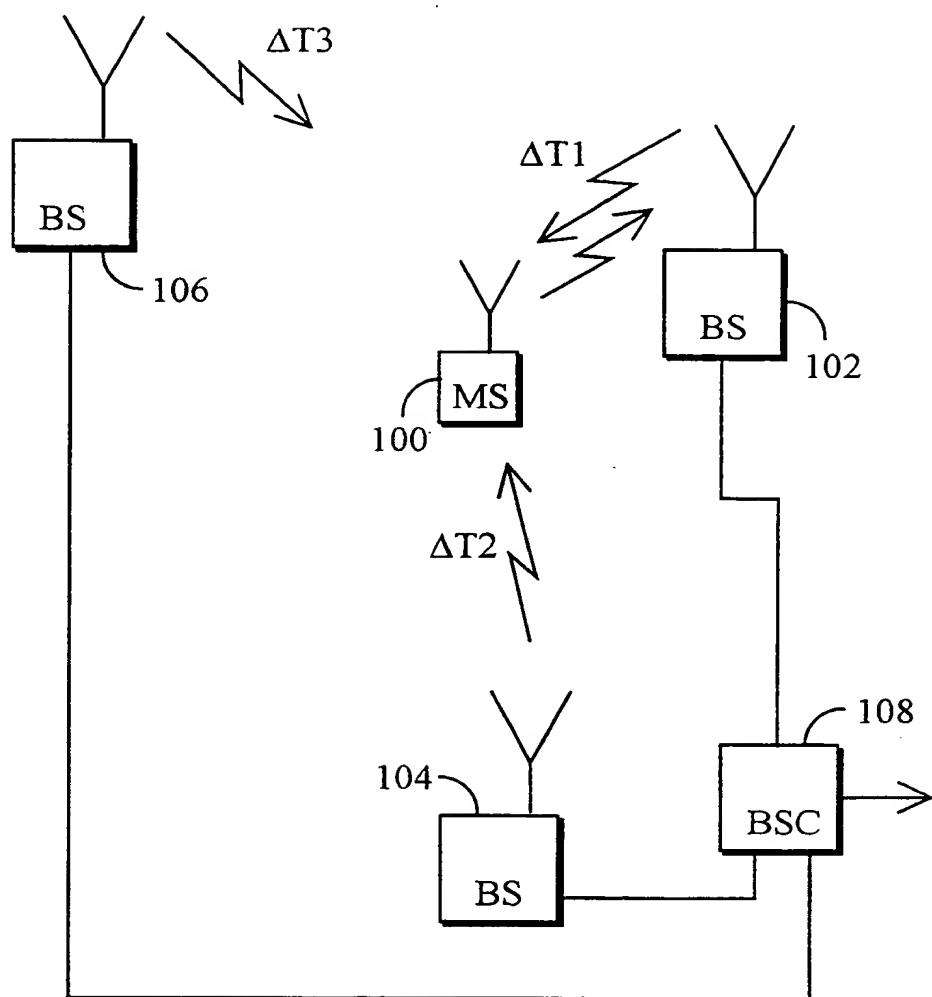


FIG. 1

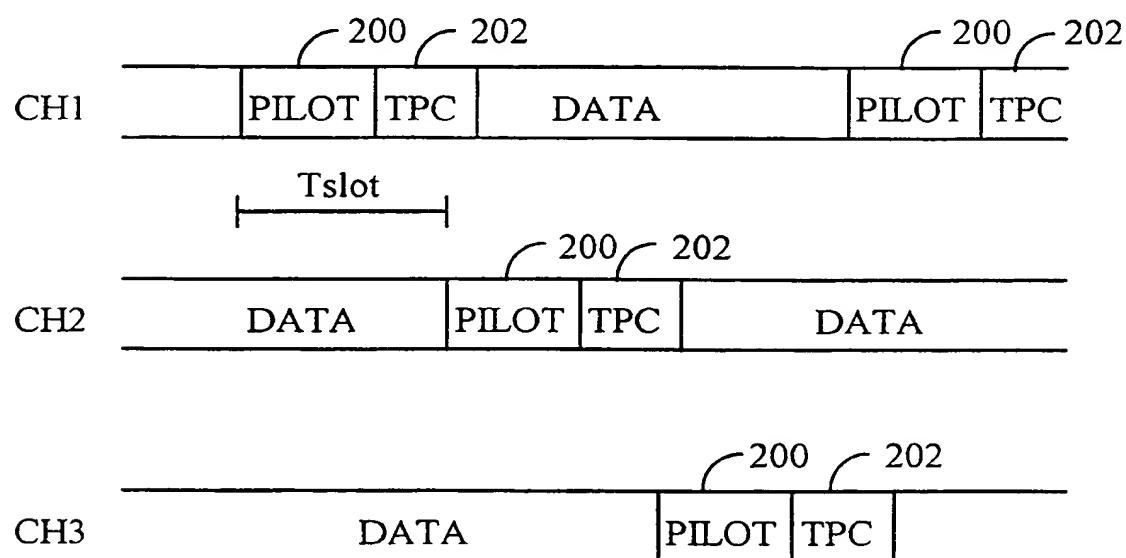


FIG. 2

2/2

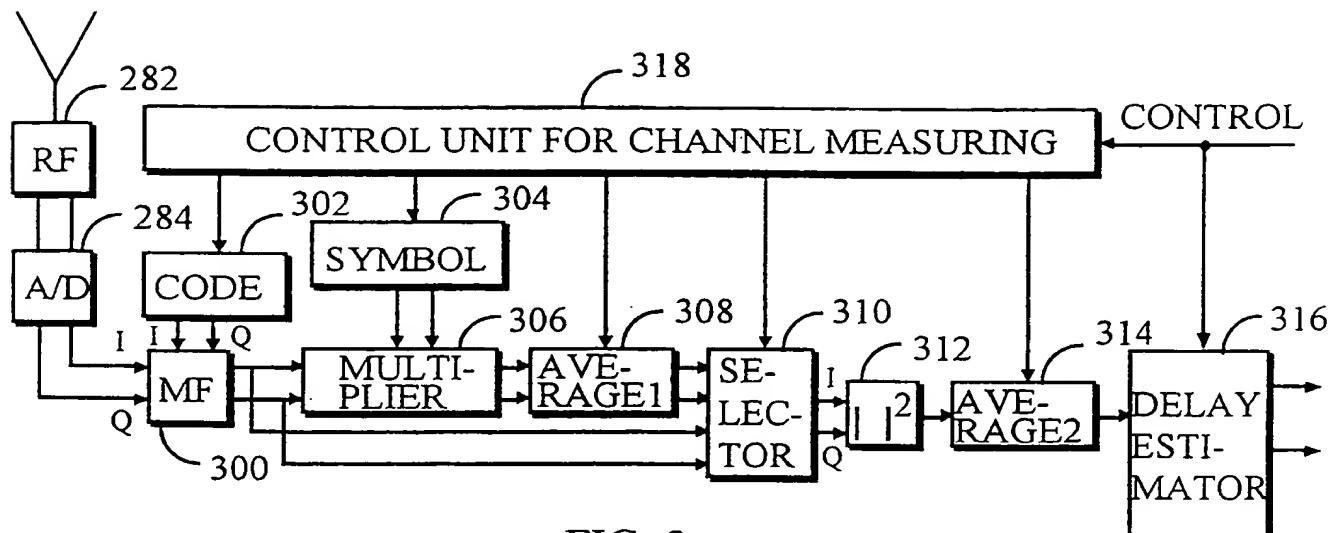


FIG. 3

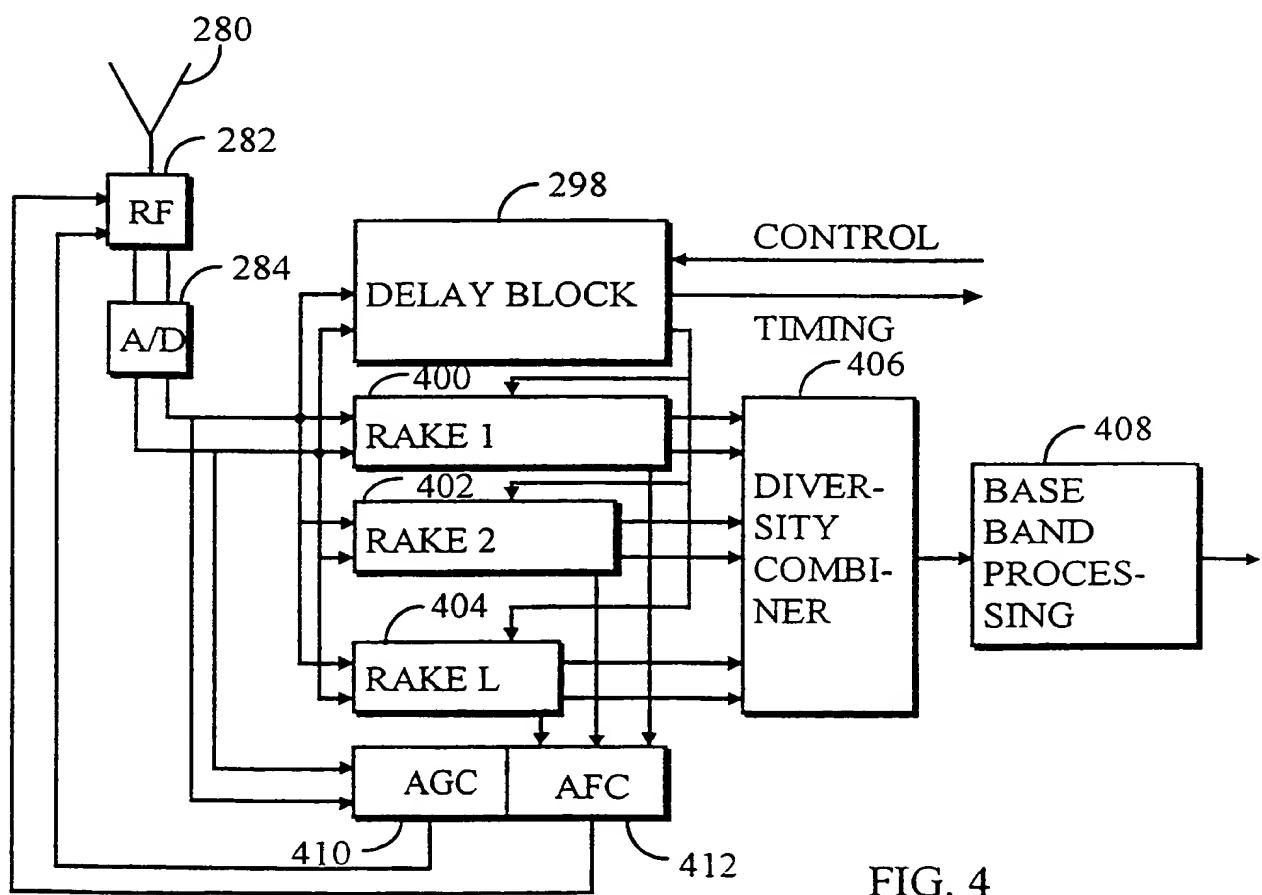


FIG. 4



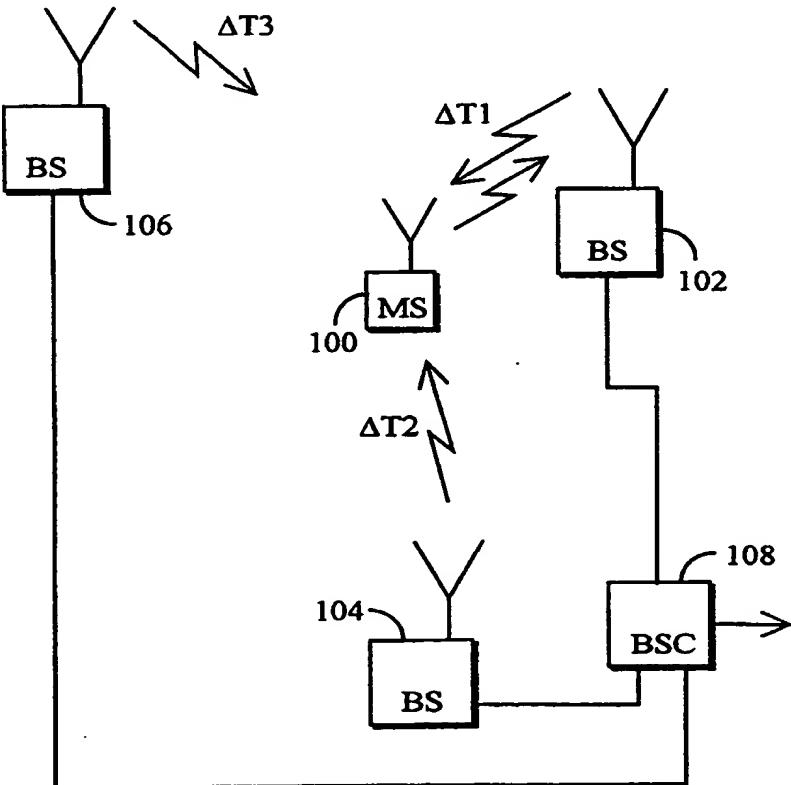
## INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(51) International Patent Classification <sup>6</sup> :	A3	(11) International Publication Number: WO 99/57932
H04Q 7/38, G01S 5/14, 3/02		(43) International Publication Date: 11 November 1999 (11.11.99)
(21) International Application Number:	PCT/FI99/00366	(81) Designated States: AE, AL, AM, AT, AT (Utility model), AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, CZ (Utility model), DE, DE (Utility model), DK, DK (Utility model), EE, EE (Utility model), ES, FI, FI (Utility model), GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SK (Utility model), SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
(22) International Filing Date:	3 May 1999 (03.05.99)	
(30) Priority Data:		
980982	4 May 1998 (04.05.98)	FI
(71) Applicant (for all designated States except US):	NOKIA NETWORKS OY [FI/FI]; Keilalahdentie 4, FIN-02150 Espoo (FI).	
(72) Inventors; and		
(75) Inventors/Applicants (for US only):	KÄRNA, Juha [FI/FI]; Tontunmäentie 31 A 1, FIN-02200 Espoo (FI). HOTTINEN, Ari [FI/FI]; Ristiniementie 4 O 30, FIN-02320 Espoo (FI). HELENIUS, Jyri [FI/FI]; Timpurinkuja 1 A 15, FIN-02600 Espoo (FI).	
(74) Agent:	PATENTTITOIMISTO TEKNOPOLIS KOLSTER OY; c/o Kolster Oy AB, Iso Roobertinkatu 23, P.O. Box 148, FIN-00121 Helsinki (FI).	
(88) Date of publication of the international search report:	6 January 2000 (06.01.00)	

(54) Title: METHOD OF MEASURING SIGNAL TIMING, AND RADIO SYSTEM

## (57) Abstract

The invention relates to a method of measuring signal timing and a CDMA radio system implementing the method. Data on at least one code channel transmitted by a neighbour base station (104, 106) is conveyed to a terminal (100) via a serving base station (102). On the basis of these data, the terminal (100) determines at least the spreading code of each said code channel and an estimate of the symbol timing in respect of the timing of the serving base station (102). The terminal utilizes at least some of the code channels of the neighbour base station (104, 106) to measure the signal timing of the neighbour base station (104, 106). On the basis of the timing, e.g. the location of the terminal (100) is determined.



***FOR THE PURPOSES OF INFORMATION ONLY***

Codes used to identify States party to the PCT on the front pages of pamphlets publishing international applications under the PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SI	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Larvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia and Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldova	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece	ML	Mali	TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	MN	Mongolia	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MR	Mauritania	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MX	Mexico	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	NE	Niger	UZ	Uzbekistan
CF	Central African Republic	JP	Japan	NL	Netherlands	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norway	YU	Yugoslavia
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NZ	New Zealand	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Democratic People's Republic of Korea	PL	Poland		
CM	Cameroon	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kazakhstan	RO	Romania		
CU	Cuba	LC	Saint Lucia	RU	Russian Federation		
CZ	Czech Republic	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Germany	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
DK	Denmark	LR	Liberia	SG	Singapore		
EE	Estonia						

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/FI 99/00366

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**IPC6: H04Q 7/38, G01S 5/14, G01S 3/02**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

**IPC6: H04Q, G01S**

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

**SE,DK,FI,NO classes as above**

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5675344 A (MOTOROLA INC.), 7 October 1997 (07.10.97), column 1, line 30 - line 52; column 9, line 65 - column 10, line 25  --	1-24
Y	WO 9635958 A1 (MOTOROLA INC.), 14 November 1996 (14.11.96), page 8, line 28 - line 35; page 10, line 20 - line 29; page 11, line 5 - line 30, page 22, line 6 - page 23, line 25  --	1-24
E	WO 9923847 A1 (MOTOROLA INC.), 14 May 1999 (14.05.99), figure 5, abstract  --	1,13

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

- \* Special categories of cited documents
- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
- "U" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 October 1999	02 -11- 1999
Name and mailing address of the ISA/ Swedish Patent Office Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. +46 8 666 02 86	Authorized officer  Per Källquist/mj Telephone No. +46 8 782 25 00

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/FI 99/00366
--

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	WO 9901000 A2 (NOKIA MOBILE PHONES LTD.), 7 January 1999 (07.01.99), figure 3 --	1,13
A	WO 9428643 A1 (NOKIA TELECOMMUNICATIONS OY), 8 December 1994 (08.12.94), page 9, line 7 - line 32, figure 3, abstract --	1,13
A	WO 9741652 A1 (MOTOROLA INC.), 6 November 1997 (06.11.97), page 22, line 1 - line 7 --	12,24
A	US 5614914 A (INTERDIGITAL TECHNOLOGY CORP.), 25 March 1997 (25.03.97), column 1, line 62 - column 2, line 14; column 4, line 62 - column 5, line 12; column 6, line 33 - line 63, figure 1, column 17, line 45 - line 53; column 21, line 50 - column 22, line 27; column 23, line 13 - line 55 --	1-24
A	EP 0852430 A2 (YOZAN INC.), 8 July 1998 (08.07.98), column 13, line 35 - line 40, figures 8,9 -- -----	1-24

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

28/09/99

International application No.

PCT/FI 99/00366

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 5675344 A	07/10/97	CA 2257953 A		08/01/98
		EP 0913066 A		06/05/99
		WO 9800982 A		08/01/98
-----				
WO 9635958 A1	14/11/96	BR 9606340 A		02/09/97
		CA 2192579 A		14/11/96
		CN 1152356 A		18/06/97
		FI 965257 A		31/12/96
		FR 2734108 A		15/11/96
		GB 2304500 A		19/03/97
		GB 9625755 D		00/00/00
		IL 117654 D		00/00/00
		IT 1284380 B		18/05/98
		IT RM960306 A		06/11/97
		JP 10505723 T		02/06/98
		PL 318057 A		12/05/97
		SE 9604432 A		07/03/97
		US 5508708 A		16/04/96
		US 5736964 A		07/04/98
		US 5764188 A		09/06/98
-----				
WO 9923847 A1	14/05/99	NONE		
-----				
WO 9901000 A2	07/01/99	AU 7770998 A		19/01/99
		EP 0886453 A		23/12/98
		FI 972604 A		19/12/98
-----				
WO 9428643 A1	08/12/94	AU 4072193 A		20/12/94
-----				
WO 9741652 A1	06/11/97	BR 9702182 A		16/03/99
		CA 2223753 A		06/11/97
		EP 0861533 A		02/09/98
		JP 11509074 T		03/08/99
-----				
US 5614914 A	25/03/97	AU 4462096 A		29/03/96
		EP 0779991 A		25/06/97
		FI 970955 A		14/04/97
		JP 10509287 T		08/09/98
		US 5663990 A		02/09/97
		US 5859879 A		12/01/99
		WO 9608908 A		21/03/96
		WO 9608928 A		21/03/96
-----				
EP 0852430 A2	08/07/98	CN 1195956 A		14/10/98
		JP 10200447 A		31/07/98
-----				

## PATENT COOPERATION TREATY

## PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference T298036PC/su	<b>FOR FURTHER ACTION</b>	See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)
International application No. PCT/FI99/00366	International filing date ( <i>day/month/year</i> ) 03.05.1999	Priority date ( <i>day/month/year</i> ) 04.05.1998
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC7 H 04 Q 7/38, G 01 S 5/14, G 01 S 3/02		
Applicant Nokia Networks OY et al		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of 4 sheets, including this cover sheet.

This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of \_\_\_\_\_ sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I  Basis of the report
- II  Priority
- III  Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV  Lack of unity of invention
- V  Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI  Certain documents cited
- VII  Certain defects in the international application
- VIII  Certain observations on the international application

Date of submission of the demand  02.12.1999	Date of completion of this report  04.09.2000
Name and mailing address of the IPEA/SE  Patent- och registreringsverket Box 5055 S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. 08-667 72 88	Authorized officer  Telex 17978 PATOREG-S  Elisabet Åselius/mj Telephone No. 08-782 25 00

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FI99/00366

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

the international application as originally filed.

the description, pages \_\_\_\_\_, as originally filed,

pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,

pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,

pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

the claims, Nos. \_\_\_\_\_, as originally filed,

Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,

Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,

Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,

Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_, as originally filed,

sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand

sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_,

sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

the description, pages \_\_\_\_\_

the claims, Nos. \_\_\_\_\_

the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3.  This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FI99/00366

**V. Resoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement****1. Statement**

Novelty (N)	Claims	<u>1-24</u>	YES
	Claims	_____	NO
Inventive step (IS)	Claims	<u>1-24</u>	YES
	Claims	_____	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	<u>1-24</u>	YES
	Claims	_____	NO

**2. Citations and explanations**

The claimed invention relates to a method for mobile terminal location by measuring signal timing and a CDMA system employing the method.

Sometimes a mobile terminal cannot receive signals from a distant base station due to the received signal-to-noise ratio not exceeding code channel separation between channels of an adjacent serving base station and the distant neighbouring station.

Making the serving base station convey at least one code channel transmitted by a neighbouring base station solves the problem. Based on the code channel data the spreading code of at least one code channel and signal timing of the neighbouring base station are estimated by the mobile terminal and transmitted to the network which locates the mobile terminal in question. This is done without increasing the transmission power, a measure that would increase the overall interference.

The following documents have been cited in the International Search Report:

- D1: US, 5675344, A
- D2: WO, 9635958, A1
- D3: WO, 9428643, A1
- D4: WO, 9741652, A1
- D5: US, 5614914, A
- D6: EP, 0852430, A2

..../...

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FI99/00366

**Supplemental Box**

(To be used when the space in any of the preceding boxes is not sufficient)

Continuation of: V.

Document D1 relates to a spread spectrum system, such as a CDMA system (see col. 1, ll. 39-42). D1 reveals that trilateration using three base stations is a well-known method of locating a terminal (see col. 1, ll. 30-36, for reference also see document D2, p. 22, l. 31 - p. 23, l. 10). A base station or a base station controller can initiate a command to the base stations to determine the time delays between each base station and a mobile station, (see col. 9, ll. 45-49). The measurement is done at the base station. No data is conveyed from neighbouring base stations to the mobile station via a serving base station.

D2 reveals a method for determining the location of a mobile station in a CDMA system. The measurements are made either by the mobile station or by the base stations.

D3 shows a base station for a TDMA cellular radio network.

D4 is about a method for controlling a wireless communication system.

D5 presents a wireless telephone distribution system with time and space diversity transmission for determining a mobile station's location.

D6 shows a method for initial synchronisation in a DS-CDMA cellular system.

The location method and the radio system described above is not revealed in any of the cited documents. In consequence the invention claimed in claims 1-24 is novel, involves an inventive step and has industrial applicability.